

L'INDUSTRIE
DE
L'ÉLECTRO-CHIMIE
ET DE L'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE
EN FRANCE

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN DROIT

présentée et soutenue le lundi 28 Janvier 1924, à 2 heures.

P A R

VICTOR BARUT

Ingénieur des Arts et Manufactures

Président : M. GERMAIN-MARTIN, Professeur.

Suffragants : MM. TRUCHY, Professeur.

OUALID, Chargé de Cours.

PARIS

LES PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

49, Boulevard Saint-Michel, 49

1924



Digitized by the Internet Archive
in 2026

L'INDUSTRIE
DE
L'ÉLECTRO-CHIMIE
ET DE L'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE
EN FRANCE

La Faculté n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

L'INDUSTRIE
DE
L'ÉLECTRO-CHIMIE
ET DE L'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE
EN FRANCE

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN DROIT
présentée et soutenue le lundi 28 Janvier 1924, à 2 heures.

P A R

VICTOR BARUT

Ingenieur des Arts et Manufactures

Président : M. GERMAIN-MARTIN, Professeur.

Suffragants : MM. TRUCHY, Professeur.

QUALID, Chargé de Cours.

PARIS
LES PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE
49, Boulevard Saint-Michel, 49

1924

AVANT-PROPOS

Parmi les diverses branches dont s'est accrue l'activité humaine en notre siècle de progrès industriel et de machinisme, il en est une, la dernière peut-être en date, qui est peu connue du grand public et jugée un peu mystérieuse, comme tout ce qui touche à l'électricité.

Sa situation dans les pays de montagnes, où les usines placées au fond des vallées sont souvent en dehors des lieux fréquentés par les touristes, ses produits qui n'intéressent pas directement le consommateur, sa finance qui est restée localisée aux régions où elle se trouve, tout cela a contribué jusqu'ici à laisser dans l'ombre l'importance de l'industrie de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie. Cette industrie, cependant, a déjà conquis dans le monde et en particulier en France une place prépondérante. C'est son essor et son état présent que nous allons essayer d'étudier pour en tirer ensuite quelques prévisions sur l'avenir.

Après un rapide historique où nous indiquerons les principales dates des grandes découvertes qui ont fondé cette industrie nous aborderons la partie statistique. Tout d'abord, l'industrie de l'électrochimie et de l'électro-métallurgie s'étant développée parallèlement à l'utilisation des chutes d'eau et son avenir étant essentiellement lié aux richesses hydrauliques, nous étudierons l'état de celles-ci dans notre pays. Puis, dans un chapitre suivant, nous verrons le développement de l'industrie électro-chimique et électro-métallurgique depuis la création de la première usine en 1889 jusqu'à nos jours et les deux derniers chapitres de cette première partie seront consacrés à faire le point des différentes productions, l'importance des produits, leur nombre et leur tonnage.

Avec la seconde partie, nous aborderons un point de vue un peu technique, car malgré notre désir de ne pas nous appesantir sur cette question nous sommes obligés de l'aborder. L'industrie est, en effet, essentiellement basée sur la transformation de l'énergie, elle est d'autant plus prospère que cette transformation est plus économique, aussi étudierons-nous le sujet en considérant dans un premier chapitre les différents modes de production de l'énergie électrique ; dans le suivant, nous passerons en

revue les procédés de transformation les plus économiques et les rendements qui leur sont propres.

Enfin, dans la troisième partie, nous jetterons un coup d'œil sur l'avenir et en serrant la question d'aussi près que possible nous verrons que cet avenir est essentiellement fonction du prix de revient de l'énergie, nous serons donc amenés à étudier les possibilités de diminution de ce prix de revient.

Il semblerait, arrivé là, que notre étude est terminée, pourtant, nous avons jugé bon d'ajouter trois chapitres qui se rattachent à cette étude et la complètent indubitablement. Dans le premier, nous montrerons les tendances à la concentration de l'industrie qui nous occupe. Dans le second, nous étudierons sa répercussion dans l'ordre géographique et social, ainsi que les profits que les collectivités pourront retirer de cette branche de l'activité humaine. Dans le troisième nous tâcherons de voir quel a été le rôle des banquiers dans la création de cette industrie. Est-ce que ce sont les grosses banques qui, pour une fois, comprenant leur rôle social, ont avancé les fonds nécessaires ; ou ont-elles suivi leurs errements ordinaires cherchant à étouffer cette nouvelle source d'emploi des capitaux dans le pays, préférant expédier ceux-ci à l'étranger, le bénéfice étant

beaucoup plus grand pour elles. Il ne nous restera plus qu'à conclure.

Avant d'entamer le sujet un mot encore. Nous nous sommes abstenus autant que possible de traiter des questions techniques, toutefois dans une étude comme la nôtre, il n'est pas possible de ne pas y faire de temps à autre allusion ; aussi, l'avons-nous fait très brièvement et de telle sorte que la question reste largement compréhensible pour chacun.

INTRODUCTION

Etude historique

Si l'on veut remonter au début de l'électro-chimie on peut aller jusqu'aux anciens Egyptiens. Ils connaissaient en effet l'art de recouvrir de cuivre des moules non métalliques. On a trouvé, dans les sépultures de Thèbes et de Memphis, de nombreux objets enduits d'une couche légère de cuivre : vases et figures d'argiles, pointes de lances de bois, lames de sabres ; et même des statues de grandeur naturelle en cuivre, creuses, et ne pesant que quelques kilogrammes.

Ce cuivrage s'opérait-il par le procédé électrolytique, comme semble l'admettre E. Japing, ou par un procédé qui nous est inconnu ? Il est difficile de se prononcer ; toutefois il est possible que les Egyptiens aient précipité le cuivre d'une solution saline,

au moyen de l'électricité, sans connaître la nature de l'agent qu'ils employaient.

Sans remonter si loin, on peut envisager que c'est Priestley, savant anglais, qui, en 1750, découvrit que sous l'action de décharges électriques, l'air donnait un gaz brun-rouge. Ce fut Cavendish, autre Anglais, qui caractérisa ces vapeurs comme étant de l'acide nitreux. Les expériences de ces auteurs se placent entre les années 1775 et 1778.

L'électro-chimie était créée. Ce n'est autre, en effet, que la science qui traite des applications de l'électricité à la chimie en général, l'électro-métallurgie n'étant en quelque sorte qu'une partie de cette science, le terme qui la définit résumant plus spécialement l'ensemble des procédés électrochimiques appliqués à l'extraction, l'affinage, au dépôt d'un *métal* ou encore à la préparation des composés *métalliques*, tels que les carbures, borures, siliciures, sélénitures, phosphures, que l'on obtient au four électrique.

Les expériences de Priestley et de Cavendish ouvraient la voie aux recherches futures. Les savants s'y portèrent et les découvertes allèrent en se multipliant. Van Marum commença le premier une généralisation en observant que la décharge électrique

décompose différentes substances et provoque des dégagements gazeux.

Une nouvelle invention allait révolutionner cette jeune science. On n'avait travaillé jusqu'à présent qu'avec des décharges, Volta fournit du courant continu, très faible, il est vrai, mais remplaçant avantageusement l'étincelle. Ritter, à la même époque, donnait les premières lois d'électro-chimie scientifique ; Davy, en 1806, découvrit, grâce à la pile, le potassium, puis Becquerel entrevit l'aluminium, le silicium et commença la mise au point d'une nouvelle application de l'électricité : l'électrolyse, Faraday en énonça les premières lois, Jacobi reprit les recherches, et, par hasard, ayant remarqué dans les piles dont il se servait qu'il y avait transport de métal d'un pôle à l'autre, étudia le phénomène de plus près et découvrit la galvanoplastie en 1838.

Depuis lors, chaque année, pour ainsi dire, c'est une nouvelle invention qui enrichit la science, nous ne citerons que les principales. Bunsen et Sainte Claire Deville, en 1854, décomposant l'alumine et la magnésie, découvrent réellement deux métaux qui contribueront à l'envol de l'industrie électro-chimique : le magnésium, et surtout l'aluminium.

En 1865, Elkington met au point l'affinage électrolytique du cuivre et cela de façon industrielle

La nouvelle science était sortie des laboratoires pour entrer dans le domaine pratique.

Mais pourquoi l'électro-chimie dont les premières découvertes remontaient à 1750, ne s'est-elle développée qu'aux environs de 1880-1890 ?

C'est que les différentes industries fondées sur l'emploi de l'électricité n'ont pu prendre un grand développement tant que l'on ne put disposer que du courant des piles voltaïques. Le prix de revient de l'énergie électrique, basée sur la réaction du zinc et les autres substances était trop élevé. La technique électro-chimique fondée sur l'électrolyse n'a pu se développer que lorsque, mettant à profit les phénomènes d'induction électro-magnétique découverts par Faraday, on fut arrivé à produire par voie mécanique de l'énergie électrique à bon marché. La découverte par Werner Siemens, en Allemagne, et par Wilde en Angleterre, du principe de la machine dynamo-électrique, dans laquelle l'énergie mécanique est convertie immédiatement en énergie électrique et réciproquement, n'était pas suffisante par elle-même pour permettre le développement de l'industrie électro-chimique. Il fallait perfectionner la machine primitive pour qu'elle travaillât économiquement. L'anneau, inventé par Gramme, fut un tel

perfectionnement que ce Belge peut être considéré comme le véritable créateur de la dynamo.

Arrivé à ce point de notre historique, nous sommes obligés de fractionner notre étude et de considérer le développement de chacune des parties constituant l'industrie électro-chimique.

Manque de logique, semble-t-il, en raison du lien existant entre ces parties. Contrairement, en effet, à la théorie de Karl Marx, ce sont les circonstances économiques et sociales qui déterminent, nous n'irons pas jusqu'à dire toujours les inventions techniques, mais tout au moins l'emploi qui en sera fait ; fréquemment même elles déterminent les inventions elles-mêmes. Opson, dans son livre sur « L'évolution du capital moderne », s'est élevé contre la théorie qui prétend que la plupart des grandes inventions techniques ont été en quelque sorte, le résultat d'intuitions de génie, venues, tout à coup, illuminer le cerveau des chercheurs et transformer de façon inattendue les procédés de fabrication. En réalité, lorsque l'on considère le développement de l'électro-chimie on s'aperçoit qu'il en a été tout autrement et que cette science et cette industrie ne sont que le résultat de patientes recherches.

C'est en effet le besoin de force motrice qui donna à M. Bergès l'idée d'établir sa première chute

de 200 mètres de hauteur en 1869. Immédiatement la force surabonde et on cherche son emploi dans la fabrication de l'électricité. Ce fluide devenant aussi abondant qu'il était rare donne naissance à l'électrochimie puis à l'électro-métallurgie grâce au four électrique de Moissan.

Si donc notre division n'est pas absolument logique au point de vue strict, elle l'est dans sa conception générale et elle nous permettra de traiter d'une façon plus complète et plus facile à suivre le progrès général des différentes branches de cette industrie.

C'est en 1867 que M. Bergès vint pour la première fois en Dauphiné pour installer les défibreurs à pression hydraulique dont il était l'inventeur. En 1868 il vint visiter les lieux où devait se monter son usine. Dans la gorge choisie à cet effet ne se trouvaient que deux moulins utilisant 4 mètres de chute chacun. Il semblait téméraire, étant donnée la faible importance du ruisseau d'installer à cet endroit une usine exigeant une puissance motrice considérable. M. Bergès chercha néanmoins si, grâce à l'emploi d'une chute d'une grande hauteur, il ne pourrait pas réaliser la force dont il avait besoin. Son esprit inventif avait découvert une conception nouvelle de l'utilisation des ressources de la montagne et il

comptait sur son habileté technique et sa persévérance pour vaincre les difficultés pratiques. En mars 1869 s'ouvraient les chantiers et en novembre de la même année, l'usine fonctionnait.

Nous avons un peu insisté sur cette création qui, en somme, n'est peut-être pas une invention, mais qui montre que son auteur avait une conception, non seulement nouvelle, mais très audacieuse de créer une chute de 200 mètres alors que l'on parlait seulement d'équiper des chutes de 50 mètres.

Grâce à M. Bergès, on avait de la force mécanique en excès et la pâte à papier put être vendue à bas prix. Les forces installées crurent rapidement dans le monde entier et le marché français fut envahi par les pâtes à papier étrangères, suédoises et norvégiennes surtout. Il y avait surcroît de force, il fallait songer à l'utiliser.

C'est alors que l'on eut recours à l'admirable moyen de transformation d'énergie mécanique que Gramme venait de perfectionner et de mettre au point d'une manière presque définitive.

« La première application industrielle de l'élec-
« trolyse devait être l'emploi de la dynamo Gram-
« me dans la galvanoplastie. On se rendit bientôt
« compte de la possibilité d'étendre les principes de
« la méthode d'affinage du cuivre à la préparation

« du métal à haute conductibilité et à la séparation
« des métaux précieux que renferment les cuivres
« bruts. En raison du grand intérêt de ces opéra-
« tions, on construisit les premières dynamos de
« grande intensité ; celle fournie à Hambourg vers
« 1875 débitait 3.000 ampères sous une tension de
« 4 volts. L'affinerie de Hambourg qui fonctionna
« dès cette époque doit être considérée comme la
« première usine électro-chimique. » (1)

Ce fut alors que, par hasard, on découvrit la transmission de force. Cela nous montre qu'il n'y a pas de règles strictes et si nous disons que l'invention est le résultat d'une nécessité, cette théorie n'est pas absolue : quelquefois le hasard vient nous montrer des choses insoupçonnées. C'était à l'exposition de Vienne en 1873, Gramme y exposait ses premières dynamos, un ouvrier se trompa de connexion dans les fils et ferma le circuit d'une dynamo sur une autre dynamo. Quelle ne fut pas la stupeur des assistants, lorsque l'on mit une des machines en marche, de voir que l'autre tournait aussi sous l'action du courant envoyé par la première. Huit jours après, on répétait l'expérience devant l'Empereur François-Joseph, elle eut lieu avec le même succès. Le Fran-

(1) Principes et applications de l'électro-chimie par MM. Dony-Henault, H. Gall et Guye.

çais Fontaine put ainsi faire un transport de force sur 2 kilomètres. En 1881, Desprez, à Munich, réussit à faire transporter une force de $1/2$ H.P. sur une longueur de 47 kilomètres, de Misbach à Munich ; en 1883, le même réussit un transport de 7 HP avec un rendement de 62 o/o de Vizille à Grenoble, soit une distance de 14 kilomètres... en 1890 le premier transport d'énergie avec distribution à intensité constante était installé, en 1893 c'était le premier transport de courant triphasé, en 1907 on établissait une ligne de 180 kilomètres, de Moutiers (Savoie) à Lyon, qui conduisait 40.000 kilowatts sous 55.000 volts.

Mais l'électro-chimie n'avait pas attendu cette époque pour se développer.

Lorsque la découverte de Gramme eut doté l'industrie de l'admirable instrument de production d'énergie électrique que nous connaissons, arrivé du reste presque aussitôt à un très haut degré de perfectionnement, les chimistes se rendirent compte de son importance. Ils allaient disposer d'un nouveau moyen de transformation, permettant de réaliser directement des réactions qu'ils ne pouvaient obtenir jusqu'ici que par des voies détournées et même d'aborder l'étude de phénomènes à peine soupçonnés.

Les recherches de laboratoires continuèrent en-

core pendant plusieurs années pour mettre au point la science de l'électro-chimie proprement dit. Ce ne fut qu'en 1884 que M. H. Gall indiqua la possibilité d'extraire le brôme des eaux mères des marais salants. En 1886 commençait à Villers (Oise) la fabrication des chlorates, qui fut réalisée pour la première fois par MM. H. Gall et de Montlaur. Elle s'est transportée ensuite en Suisse, en Suède et aux Etats-Unis et a presque entièrement détrôné l'ancienne méthode chimique de Liebig. La fabrication électrolytique des chlorates utilisait en 1890 : 1800 chevaux et en consommait en 1910 plus de 20.000. Cette fabrication a donné naissance à des industries qui utilisent actuellement plus de 300.000 chevaux dans le monde entier.

En 1887, se place l'importante découverte d'Héroult qui appliqua avec succès l'électrolyse à la préparation de l'aluminium et, en 1888, la première application de l'électrolyse de l'eau à la préparation de l'hydrogène, application qui fut réalisée sous l'impulsion du Colonel Renard, au parc aérostatique de Chalais-Meudon.

Pendant que MM. Gall et de Montlaur ou M. Héroult cherchaient une application de l'électricité dans la force de dissociation de cet agent merveilleux, d'autres chercheurs étudiaient ce que l'on pou-

vait obtenir en considérant ce fluide comme instrument de chauffage. Siemens montait en quelque sorte le premier four électrique. Moissan le reconnaît lui-même. « C'est à Siemens et à Huntington que l'on doit le premier four pratique. »

Mais le nom de Moissan restera toujours attaché au principe du four électrique.

« Si Moissan ne peut être considéré comme l'in-
« venteur des fours électriques que plusieurs cher-
« cheurs depuis Despretz en 1849, avaient conçus
« et employés, du moins ne saurait-il être, sans in-
« justice dépouillé du mérite d'avoir, le premier,
« poursuivi avec une méthode et une maîtrise expé-
« rimentale admirable, l'application du chauffage
« électrique aux synthèses minérales. En peu d'an-
« nées, la chimie des composés endothermiques s'en-
« richit grâce à lui de nombreux corps nouveaux :
« carbures, borures, siliciures. L'exceptionnelle fé-
« condité de ses recherches fit entrevoir brusque-
« ment tout ce que l'industrie pouvait attendre du
« concours du four électrique. » (2)

Et M. Minet, dans le rapport qu'il fit au Congrès d'Electrochimie en 1900, déclare : « Je dis
« constituant défini pour caractériser l'œuvre de
« Moissan et la différencier nettement des recher-

(2) Dony-Henault, H. Gall et Guye, op. cit.

« ches antérieures à celle de ce savant. En effet, les
« électrochimistes avaient pu avoir l'idée de réduire
« au four électrique des oxydes réfractaires... mais
« c'est à Moissan que revient réellement l'honneur
« d'avoir ajouté un chapitre nouveau à la science
« chimique. »

Ce fut Moissan qui découvrit et qui, en quelque sorte, mit au point la fabrication du carbure de calcium et l'importance de ce corps est telle que M. Minet, dans son rapport déjà cité, pouvait dire : « Depuis son apparition jusqu'à ce jour, il n'a pas été
« produit moins de 100 millions de tonnes de carbure » !... et cette phrase était prononcée moins de 10 ans après la découverte du produit.

Aux environs de 1897 se place la découverte par Franck, à Charlottenbourg, de la propriété du carbure d'absorber facilement l'azote et d'obtenir ainsi de la cyanamide. Depuis 1900, les multiples travaux entrepris pour réaliser industriellement la fixation de l'azote atmosphérique et la fabrication de l'acide nitrique et les nitrates ont pleinement réussi, ouvrant ainsi un champ immense et nouveau à l'électro-chimie.

Enfin dans le domaine de l'électro-chimie, nous pouvons citer les fabrications de la soude, du chlore, de l'ozone, de l'oxygène, mises au point à des dates

plus ou moins récentes et que nous étudierons plus en détail dans un chapitre ultérieur. De même dans le domaine de l'électro-métallurgie se place la fabrication de l'acier et de la fonte au four électrique, celle de tous les ferros-alliages, la métallurgie de l'étain, du zinc, grâce aux fours Héroult, Gin et Leleu, Bradley, Girod, Chaplet, etc...

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

Les forces hydrauliques en France

Nous allons étudier dans ce chapitre l'état des forces naturelles en France, car au début d'une étude telle que celle que nous entreprenons, nous sommes obligés de répondre à la question : Sur quelle puissance peut-on compter dans notre pays ?

Théoriquement, ce problème semble facile à résoudre : étant donné la superficie d'un massif montagneux, la hauteur d'eau tombée par mètre carré et pendant une année, la hauteur du seuil de déversement de ce massif au-dessus de la mer, il suffirait de multiplier la quantité totale d'eau tombée sur ce massif par cette hauteur de chute en affectant au besoin le produit d'un coefficient pour avoir le résultat cherché ; on aboutirait ainsi à des conclusions sans intérêt pratique.

Des mesures directes s'imposent donc. De plus un cours d'eau n'est pas utilisable sur toute sa longueur, certaines parties, et ce sont généralement les plus grandes, n'ont qu'une pente infime. Elles ne présentent aucun intérêt pour le point de vue dont nous nous occupons car les dépenses d'installations d'une centrale hydro-électrique, y seraient considérables pour un résultat bien médiocre. Enfin, la bonne marche d'une Usine dépend d'une infinité de circonstances locales, et avant tout de la régularité du débit. Il faudra donc procéder, pour chaque cours d'eau, à une enquête, avant de pouvoir connaître, avec une approximation suffisante, la puissance sur laquelle on pourra compter. C'est pour avoir opéré trop rapidement, que bien des industriels des Alpes ont éprouvé de graves mécomptes lors de la crise de 1900.

Il est donc indispensable, si l'on veut évaluer la puissance disponible d'un pays donné, de soumettre chaque région à une minutieuse enquête : on comprend qu'une telle étude exige souvent plusieurs années et, de fait, aucun pays n'a encore achevé l'inventaire de ses richesses hydrauliques (1). •

(1) Une grande partie des détails qui suivent sont empruntés au compte rendu du 5^e Congrès électrique de Russie, reproduit dans les annales du Ministère de l'Agriculture. Fascicule 36 bis, pp. 231 et suiv.

Ces études sont le fait de bureaux établis dans chaque pays et dont la fonction est de tenir à jour l'état des renseignements fournis par les services de jaugeage des cours d'eau de ce pays. Ce fut en Suisse que fut créé, en 1891, le premier bureau hydraulique. Il est maintenant régulièrement organisé et possède un laboratoire spécial pour construire et étalonner les appareils nécessaires.

En Bavière aussi a été établi un bureau hydro-technique spécial en 1898 ; il dispose d'un nombre considérable de stations (300 en 1910) et il a déjà fourni un nombre respectable de renseignements.

La Suède, de 1899 à 1903, a procédé à une vaste enquête pour dresser le catalogue complet de ses forces hydrauliques, mais la Commission n'a pu faire que des enquêtes sommaires et elle-même dans son rapport a signalé la nécessité de prolonger les observations et les jaugeages, et manifesté le regret de n'avoir que trop peu de temps.

En France, le service a été créé le 25 mai 1903 à la suite du vœu unanimement émis par le Congrès de la Houille Blanche ; il porte le nom de : Service d'Etudes des grandes forces hydrauliques. Le soin de faire les observations et les mesures nécessaires est confié à un certain nombre de stations indicatrices.

Le nombre de ces stations était de 130 au 31 décembre 1910.

*Evaluation approximative de la puissance
disponible en France*

Nous ne pouvons indiquer des conclusions précises, parce que, ainsi que nous l'avons montré plus haut, celles-ci ne peuvent être données que dans un temps assez éloigné. La guerre ayant désorganisé les services, a encore accru l'attente. Mais plusieurs auteurs ont cherché à résoudre approximativement la question, et ont été amenés à faire des approximations.

Il importe de définir tout d'abord exactement ce qu'on entend par puissance disponible. Il ne faut pas oublier, en effet, que la puissance d'une Usine dépend, avant tout, du débit du cours d'eau, et que ce débit est extrêmement variable suivant les saisons. Entre la puissance maxima, utilisable aux grandes eaux, et la puissance moyenne sur laquelle on peut réellement tabler pendant 9 mois, il y a souvent une différence de 400 0/0.

A l'étiage, cette puissance est réduite dans une proportion souvent aussi forte. Toute évaluation demande donc de la prudence et de la précision. C'est

pourquoi le Congrès de la Houille Blanche a pris soin, en 1902, de définir les deux débits suivants, sur lesquels portent, depuis lors, les mesures :

1° *Débit caractéristique d'étiage.* — Celui au-dessous duquel le débit ne descend que 10 jours par an.

2° *Débit caractéristique moyen.* — Celui au-dessous duquel le débit ne descend que 180 jours par an, consécutifs ou non.

Ceci posé, d'après M. de La Brosse, le distingué Directeur du Service d'Etudes des grandes forces hydrauliques, la France entière, avant la guerre, disposait, à l'étiage, de 4.600.000 HP, et, en régime moyen, de 8 millions de HP. La répartition des 4.600.000 HP d'étiage serait la suivante :

REGIONS	Superficie Km ²	Puissance utilisable à l'étiage HP
Alpes et Pyrénées	63.000	2.300.000
Centre et Est	91.000	900.000
Reste du territoire . . .	357.000	1.300.000

Une statistique de M. Ader, publiée dans la *Technique Moderne* d'Avril 1911, a donné les chiffres suivants, un peu différents de ceux de M. de La Brosse.

REGIONS	En étiage HP	En eau moyenne HP
Alpes Septentrionales (Hte-Savoie, Savoie, Isère, H ^{tes} -Alp.)	1.000.000	2.000.000
Alpes Méridionales (de la Drôme aux Alpes Maritimes) ..	1.300.000	2.600.000
Massif Central, Vosges, Jura	900.000	1.800.000
Pyrénées	1.000.000	2.000.000
Reste du territoire	400.000	800.000

Le total de la puissance utilisable à l'étiage est le même dans les deux statistiques ; il est égal à 4.600.000 chevaux.

Par contre, M. Alby estime à 5.900.000 HP seulement la puissance en eau moyenne (au lieu de 9.200.000 pour les précédents). C'est ce chiffre de 5.900.000 qui a été le plus fréquemment reproduit dans les publications françaises ou étrangères.

Enfin, puisque nous en sommes aux évaluations, nous pouvons donner celle du Ministère des Travaux Publics qui ne porte que sur les cours d'eau du domaine public.

BASSINS	Puissance moyenne pour l'année entière HP	Fraction de cette puiss. déjà aménagée HP
Rhône	1.202.976	72.955
Garonne	300.018	32.840
Loire	216.581	4.912
Autres	150.365	75.083
	1.869.940	185.790

Somme toute, il est vraisemblable, d'après les données ci-dessus, que la puissance disponible des chutes françaises était, avant la guerre, à l'étiage, d'environ 4.500.000 HP, et en eaux moyennes d'au moins 6.000.000 de chevaux.

Utilisation présente des forces naturelles françaises

Cherchons à nous faire une idée des progrès qui ont été accomplis dans l'utilisation de ces forces hydrauliques françaises. Les documents sont malheureusement rares, et le premier ouvrage sur cette matière est le volume intitulé : « Répartition des forces motrices à vapeur et hydrauliques en 1899 » qu'a publié le Ministère du Commerce et dont le tome II est exclusivement consacré aux forces hydrauliques. Mais dans ce volume, il est tenu compte de toutes les industries qui utilisent l'eau comme source d'énergie, c'est-à-dire des plus petites usines et des plus modestes moulins, qui sont classés maintenant dans le domaine de ce que l'on appelle la « houille verte ».

Ces petites installations nous intéressent peu pour notre travail, aussi nous ne nous occuperons exclusivement que des Usines qui se caractérisent par une grande puissance et la production exclusive d'énergie électrique. Ce sera le double critérium qui pour les Usines de plaines limitera nos recherches et

fixera le cadre à nos études. En ce qui concerne la statistique^e de 1899, nous ne retiendrons que les chutes de plus de 500 chevaux.

Dans ces conditions, nous trouvons en 1899 comme utilisation totale relevant de la houille blanche 115.000 chevaux environ.

En 1902, lors du premier Congrès de la Houille Blanche, la puissance totale aménagée était de 200.000 chevaux environ.

En 1906, elle était de 300.000 ou 350.000 chevaux, d'après une statistique du Ministère du Travail.

En 1910, M. Pacoret adopte le chiffre de 800.000 chevaux et M. Audebrand celui de 650.000. M. Pinot, dans son rapport sur l'industrie électrique, à l'Exposition de Bruxelles de 1910, adopte comme puissance totale aménagée le chiffre de 600.000 chevaux « si bien, ajoute-t-il, qu'en comparant en bloc 1910 à 1899, on peut admettre que pendant les 10 dernières années la puissance totale des aménagements de la houille blanche a crû dans la proportion de 1 à 5,2 environ ».

L'annuaire de la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques de 1913 donne un total de 620 000 chevaux installés ; celui de 1914 indique 660.000 chevaux installés.

La puissance hydraulique aménagée en France en 1916 était la suivante d'après les statistiques officielles de l'administration :

P U I S S A N C E S M O Y E N N E S e n C H E V A U X					
Régions ou Fleuves	Puissances déjà installées	E N C O R E D I S P O N I B L E S E T R É A L I S A B L E S			
	arme- ment total	En cours de réalisation	D'ici 10 à 15 ans	Ulté- rieurement	Total
Sud-Est ..	750.000	290.000	1.200.000	2.000.000	3.940.000
Sud-Ouest	210.000	75.000	500.000	600.000	1.335.000
Centre	140.000	125.000	400.000	500.000	1.125.000
Est	25.000	10.000	62.000	100.000	195.000
G R A N D S F L E U V E S :					
Rhône	20.000	»	600.000	300.000	918.000
Rhin	»	»	60.000	740.000	800.000
Loire	»	»	50.000	250.000	300.000
Garonne ..	20.000	»	150.000	50.000	219.000
Totaux	1.165.000	500.000	3.022.000	4.440.000	8.732.000

COURS D'EAU	P U I S S A N C E E N 1 9 1 6	D E S U S I N E S
	aménagées	en aménagement
	HP	HP HP
Non navigables ni flottables	1.238.541	897.970 à 965.320
Navigables et flottables....	218.050	195.300
	1.456.591	1.093.270 à 1.160.620

Enfin, si nous consultons le rapport présenté au Conseil Supérieur des Travaux Publics par la Commission créée par lui le 18 août 1919, et qui avait pour objet d'établir le plan d'exécution des

Usines hydrauliques dont il y avait lieu de poursuivre la réalisation, nous trouvons les chiffres suivants :

En 1919, la puissance des Usines aménagées était la suivante :

Petites Usines de moins de 200 chevaux (et, pour certaines régions, de moins de 500)	700.000
Autres Usines	1.165.000
	1.865.000

Il est à noter qu'il y avait, en outre, 500.000 chevaux en aménagement en 1919 sur lesquels 200.000 étaient équipés en 1921.

La répartition des chevaux installés, non compris les Usines de moins de 200 chevaux (et pour certaines régions de moins de 500) dont la puissance totale est d'environ 700.000 chevaux était, en 1919, celle donnée par le tableau ci-contre (2).

Des chiffres cités, nous pouvons tirer plusieurs conclusions.

L'évaluation de M. de La Brosse était assez juste mais un peu faible: Il ne faut pourtant pas oublier

(2) Chiffres donnés par la Commission constituée par le Conseil supérieur des Travaux Publics en août 1919.

que, si le total des chevaux disponibles en eaux moyennes indiquées par la Commission en 1919 (8.732.000) est très supérieur à celui que nous avons indiqué au début du chapitre, cela tient à ce qu'il n'est pas entré en ligne de compte dans celui-ci toute la puissance disponible dans les provinces désannexées. Les chiffres que nous avons donnés ressortent, en effet, de travaux qui ont été publiés avant 1914 ; on voit que le seul Rhin nous donne une puissance disponible de 800.000 chevaux, soit le dixième environ des disponibilités françaises.

La deuxième remarque que nous pouvons faire est la prodigieuse impulsion donnée par la guerre à l'aménagement des chutes d'eau. Nous étudierons plus loin, en détail, les résultats économiques, mais d'ores et déjà on peut prévoir l'importance que prend pour la France cette branche de son industrie. D'après M. Cahen, la puissance des Usines construites en pleine guerre a été de 450.000 chevaux dont 120.000 chevaux ont été mis à la disposition de la Défense Nationale en 1917 et 330.000 en 1918.

PAYS	Puissance sur les arbres des turbines (1)		Degré d'utili- sation	Puissances (2)		Puissance	
	Disponible	aménagée en 1910		Disponible	aménagée en 1920	Degré d'utili- sation	installée par 100 habitants
Etats-Unis ..	30.000.000	2.000.000	6,6	66.000.000	5.356.000	8,1	4,8
Canada				22.000.000	3.385.000	15,3	46
Norvège	7.500.000	550.000	7,3	12.000.000	1.630.000	13,6	68
Suède	6.750.000	550.000	8,2	10.000.000	1.200.000	12	22
France	5.857.000	600.000	10,3	10.000.000	1.750.000	17,5	4,7
Italie	5.500.000	510.000	9,2	8.000.000	1.300.000	16,2	3,6
Espagne	5.000.000	130.000	2,6	6.000.000	880.000	14,6	4,4
Suisse	1.500.000	380.000	25	4.000.000	1.200.000	30	31
Allemagne ..	1.425.000	445.000	31,2				
Autr.-Hongrie	6.460.000	515.000	8				
Gr.-Bretagne..	963.000	80.000	2,6				

(1) Chiffres donnés par M. Pinot, d'après une communication de M. Köhn, à la 17^e Assemblée de l'Union des électriciens allemands.

(2) Chiffres donnés par M. Henri Cavaillès « La Houille Blanche », Librairie Armand Collin, 1921.

Tous ces chiffres sont indiqués sous toutes réserves.

Comparaison de la France avec l'Etranger

Avant de terminer ce rapide exposé, nous croyons intéressant de comparer la France avec l'étranger au point de vue de la puissance hydraulique. Nous avons, en nous servant de différents documents, établi le tableau ci-contre. La France, on le voit, est particulièrement bien classée au point de vue de l'énergie disponible. En consultant les chiffres de 1910, ceux de 1920 n'ont pu être trouvés pour l'Allemagne et la Grande-Bretagne, on voit qu'elle est beaucoup mieux partagée que ces deux puissances, par lesquelles elle se trouve actuellement écrasée, à cause de leur incomparable richesse en charbon.

Cette circonstance permet d'espérer que, si les progrès réalisés par l'Electro-Chimie et l'Electro-Métallurgie — et nous étudierons la question plus loin — continuent, notre pays sera plus tard mieux armé pour la lutte et pourra aspirer à une situation plus avantageuse sur le marché européen. La même remarque s'applique aux autres pays dépourvus de charbon mais riches en forces naturelles, et spécialement à l'Italie, la Suède et la Norvège.

On constate, d'autre part, que le total disponible en Europe est de 41.000.000 de chevaux contre 30.000.000 aux Etats-Unis, d'après les chiffres de M. Pinot. Les deux totaux sont sensiblement égaux d'après les chiffres de M. Cavaillès, mais nous remarquons que dans les deux cas, la Russie d'Europe n'est pas comptée, cela donnerait donc une supériorité très marquée pour l'Europe.

La troisième et la sixième colonne montrent que le degré d'utilisation des forces naturelles est très inégal dans les différents pays. L'Allemagne, en 1910, toujours à l'affût du progrès, vient en tête avec une grosse avance, elle avait déjà aménagé environ le tiers de ses chutes d'eau, et il est vraisemblable qu'elle sera le premier pays à en avoir aménagé la totalité. Il serait intéressant d'avoir des chiffres sur son travail pendant la guerre, malheureusement, il ne nous a pas été possible de nous les procurer.

La Suisse vient ensuite avec une utilisation de 25 0/0 en 1910 et de 30 0/0 en 1920. Il est à noter que l'Allemagne a joué un grand rôle dans l'aménagement des chutes suisses, que beaucoup d'entre elles appartiennent à des sociétés allemandes, et que la fabrication de l'aluminium était déjà syndiquée en 1910 en Suisse, en Allemagne et en Autriche. C'est peut-être le lieu ici de faire remarquer qu'on aurait

tort d'isoler l'Allemagne au point de vue hydraulique. Elle est mal partagée, soit, mais elle a mis indirectement la main sur une partie des chutes suisses, et il est possible qu'en étendant son système de cartels et de syndicats elle en fasse autant pour les pays constituant l'ancienne Autriche. On a pu voir, du reste, d'après les journaux, que les magnats de l'industrie allemande, Stinnes en tête, prenaient de plus en plus d'intérêt dans les Sociétés Yougoslaves et Tchécoslovaques. Il n'est donc pas inutile, croyons-nous, lorsque l'on recherche quelles pourront être les conditions futures de l'industrie hydro-électrique, de faire bloc des forces naturelles de l'Allemagne, de la Suisse et de l'ancienne Autriche-Hongrie ; il est symptomatique, en tout cas, de constater que dès 1910, les statistiques de la Metallgesellschaft réunissaient sous une seule rubrique les chiffres concernant les trois pays.

La France vient la troisième avec une utilisation de 10 0/0 en 1910 et de 17,5 en 1920, suivie de près par l'Italie, puis la Norvège, la Suède et l'Espagne qui loin derrière en 1910 a rattrapé ces deux derniers pays en 1920.

La comparaison entre les colonnes 3 et 6 nous montre l'effort accompli pendant cette dernière décade et surtout pendant les hostilités, presque par-

tout le pourcentage de l'utilisation a presque doublé, et l'on peut voir que si la guerre est, d'un côté, un facteur de destruction, elle est aussi, par ailleurs, un élément prodigieusement actif qui fournit à certaines industries un développement qui n'aurait jamais eu lieu sans elle, ou en des temps excessivement longs. Nous le constatons ici pour l'installation des chutes d'eau ; nous le voyons tous les jours pour l'aviation, et nous le retrouverons encore en étudiant plus spécialement les différents produits de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie.

CHAPITRE II

Développement de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie.

Nous avons fait jusqu'à présent l'historique rapide de l'électro-chimie et avons étudié les possibilités de la France au point de vue hydraulique. Il ne faut pourtant pas oublier que si l'électro-chimie a pu être créée, grâce à la houille blanche, elle n'en a pas moins été obligée pour continuer, de s'adjoindre l'énergie électrique fournie par la houille noire. L'usine de Villers Sainte-Sépulchre par exemple, où a été mise au point la fabrication des chlorates et des perchlorates et qui possède une force de 200 chevaux n'en a que 75 fournis par l'eau, le reste lui venant du charbon. Nous étudierons maintenant dans les grandes lignes le développement économique de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie, nous réservant d'étudier avec plus de détail, dans des chapitres ultérieurs chacune de ces deux branches.

Le bouleversement complet apporté dans notre vie économique par la lutte que, quatre ans durant, nous eûmes à soutenir contre les Allemands, marqua de sa profonde empreinte cette industrie qui produisait en grand des corps indispensables à la défense nationale. Aussi, tout naturellement, nous pourrions distinguer trois périodes, celle s'étendant depuis la naissance de cette industrie jusqu'en 1914, puis l'effort fourni pendant la guerre et enfin l'état actuel depuis la cessation des hostilités.

La nouvelle industrie naquit en somme avec l'installation de l'usine de Villers par MM. Gall et de Montlaur, mais elle commença réellement à croître à partir de 1895, après les études de Moissan sur le four électrique et la découverte des carbures métalliques.

Ce fut en effet la fabrication du carbure de calcium qui amena un grand nombre d'industriels à s'occuper de la question. Les débouchés de la nouvelle industrie paraissant illimités, les bénéfices considérables laissés par la vente de ce nouveau produit attirèrent immédiatement des capitaux et les usines se fondèrent avec une rapidité vraiment colossale.

Si bien qu'en étudiant l'état de la nouvelle industrie pendant l'année 1899, le journal « Le Four

Electrique » pouvait dire : « M. Borchers, l'homme
« qui en Allemagne incarne l'électro-chimie et
« l'électro-métallurgie, a en quelques chiffres résu-
« mé les progrès de cette science dans le monde.

« Il y a en Europe 298.495 chevaux hydrauliques et 26.646 chevaux thermiques consacrés à
« l'électro-chimie et donnant pour deux cent millions et demi de produits fabriqués. Aux Etats-
« Unis 87.500 chevaux donnent 488 millions de produits. Cette différence de valeur provient de ce
« que, dans ce dernier pays l'électricité est surtout
« employée pour le traitement du cuivre, de l'argent et de l'or ». En résumé, donc en 1899 413.000
chevaux consacrés à l'électro-chimie donnaient pour 726.180.000 francs de produits.

Pourtant cette situation brillante et prospère montrait déjà des lézardes, on sentait venir la crise qui allait éclater en juin 1920. La production du carbure, qui était alors la branche principale de la nouvelle industrie, allait arriver à être le quadruple de la consommation. De plus certains industriels, peu scrupuleux, jetaient sur le marché des produits de qualités très inférieures et décourageaient les acheteurs.

Nous trouvons une note pessimiste dans l'ana-

lyse des résultats de l'année 1900 par M. Robert Pitaval : « L'année 1900 n'a pas été brillante pour l'industrie de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie. La participation de ces industries à l'Exposition Universelle a été plutôt terne et n'a pas attiré l'attention du public. D'autre part, la crise du carbure de calcium a produit des effets désastreux et beaucoup d'usines resteront longtemps encore entravées dans leur développement. Enfin, les premiers essais de l'électro-métallurgie des métaux qui ont été tentés dans certaines usines n'ont pas donné des résultats bien brillants. » Pour sortir du marasme il fallut recourir à la syndicalisation avec contingentement. Les efforts des industriels dans cette voie furent long et pénibles. On parvint cependant à une entente et le congrès de la Houille Blanche en 1902, devait marquer un nouvel essor de la jeune industrie.

Pour nous en donner une idée, nous allons étudier le rapport que fit M. Badoureau, ingénieur en chef des Mines à Chambéry, au Conseil général de la Savoie, sur les productions de ce seul département.

« La fabrication des aciers au four électrique tend à se développer... Les usines de fer produisent annuellement 150 à 200 tonnes d'outils divers... les

« usines d'aluminium sont très actives et produisent
« annuellement 1.500 tonnes... La production d'al-
« liages ferro-métalliques ou fontes spéciales s'est
« élevée en 1904 à 2.625 tonnes représentant une
« valeur de 2.271.000 francs. La quantité de carbu-
« res métalliques produits dans l'année a été de
« 5.100 tonnes d'une valeur de 1.338.000 fr... En ré-
« sumé la valeur totale des produits des usines que
« nous venons de classer dans l'industrie électro-mé-
« tallique du département s'est élevée en 1904 à la
« somme approximative de 6.900.000 fr. ; elle avait
« été évaluée pour l'année précédente à 6.160.000
« francs. Cette augmentation démontre la prospé-
« rité croissante de cette industrie qui utilise de plus
« en plus la force de nos cours d'eau ». — et M. Ro-
bert Pitaval ajoute après avoir cité ce rapport: « Si
« l'on jette un regard en arrière c'est par un mil-
« lion que s'augmente chaque année depuis 1900 la
« production du seul département de la Savoie ».

Cette prospérité se poursuit et l'année 1905
semble en marquer le maximum. « Nous ne voulons
« pas établir le bilan de l'industrie électro-chimique
« pour 1905, nous manquons de documents pour
« cela, mais il est incontestable que cette année
« comptera parmi les meilleures » (1).

(1) M. Robert PITAVAl. Le four électrique, 1^{er} janvier 1906.

Pourtant 1906 voit encore augmenter cet essor. M. Pitaval note en quelques lignes le résultat pour cette année : « Grande activité dans les usines par « suite de deux sortes de causes : causes d'ordre géné-
« ral : prospérité générale de l'industrie ; causes
« d'ordre particulier se rapportant aux produits spé-
« ciaux : carbure de calcium, ferros et alumi-
« nium » (2). La consommation de carbure de cal-
cium croît d'une façon régulière tous les ans. Les
ferros marchent très bien, la demande se maintient
toujours supérieure à la production. Les chiffres
suivants tirés des statistiques des douanes nous don-
nent une idée de la marche croissante :

1904 export. de ferros	1.159 tonnes représ.	290.000 Fr.
1905 export. de ferros	5.043 tonnes représ.	1.261.000 Fr.
1906 export. de ferros	7.758 tonnes représ.	1.940.000 Fr.

De même pour l'aluminium :

1904 exportations.....	663 tonnes représ.	2.056.000 Fr.
1905 exportations.....	925 tonnes représ.	3.006.000 Fr.
1906 exportations.....	1.473 tonnes représ.	4.789.000 Fr.

Mais on commence à sentir l'orage et en février 1907, M. Pitaval donne ces conseils aux producteurs d'aluminium (2). « Il arrivera un moment qui est
« tout proche où les produits baisseront sensible-
« ment et cette baisse pourra aller certainement jus-

(2) M. Robert PITAVAL. Le four électrique, 1^{er} février 1907.

« qu'à 50 o/o... Je prévois, ajoute-t-il une crise grave
« dès l'année 1908 et il faut s'outiller dès mainte-
« nant pour y faire face ».

Et en effet, même dès 1907, la crise commence.

Elle débute par l'aluminium dont les producteurs n'ont pu arriver à se syndiquer ; la guerre de prix qu'ils se font entre eux fait baisser le prix de vente de ce métal au-dessous du prix de production. Ils ne parviennent à rendre un peu de stabilité au marché qu'en se groupant par nationalité de façon à soutenir les cours. La France, immédiatement, à cause de sa situation prépondérante dans la production de ce métal, prend la première place sur le marché mondial. Mais la crise de l'aluminium est à peine terminée que celle du carbure commence.

Le brevet Bullier pour la fabrication de ce corps tombe en effet dans le domaine public en 1908 et le marché qui avait été assaini grâce au syndicat des carburiers après la crise de 1900-1901 se trouve de nouveau perturbé. « C'est avec beaucoup de mélan-
« colie que j'aborde cette revue annuelle de l'indus-
« trie électro-chimique, car j'ai vu de trop près l'énor-
« me travail fourni par toutes les usines, pendant
« cette période de dépression industrielle et de lutte
« commerciale très âpre, pour rester indifférent au
« spectacle des médiocres résultats obtenus et de la

« faible récompense réservée à tant d'efforts dépen-
« sés » (3)... Pourtant le ciel s'éclaircit et l'on peut
prévoir la fin des tourments : « En résumé l'année
« 1909 ne laissera pas de très bons souvenirs dans la
« mémoire des électro-chimistes. On a beaucoup
« lutté pour vivre et quelques-uns pour ne pas mou-
« rir. Mais il semble que le plus mauvais moment
« soit passé et que 1910 s'annonce déjà à certains
« indices favorables comme une année où l'on pour-
« ra respirer plus facilement, panser ses plaies et se
« préparer à récolter plus tard la moisson qu'apporte
« toujours la période des vaches grasses succédant à
« celle des vaches maigres ».

L'abondance ne vint pas si vite en réalité. 1910 fut encore une année de lutte et la récolte des bénéfices y fut maigre pour deux raisons qui dérivent du reste, l'une de l'autre : surproduction et avilissement des prix, tout au moins en ce qui concerne les produits les plus courants comme le carbure de calcium, le ferro-silicium et l'aluminium. Le principal souci des producteurs en 1910, fut l'étude des moyens les plus propres à réaliser une entente générale. Ils y réussirent, cette année put être appelée « l'année des ententes ».

1911 put ainsi commencer sous d'heureux aus-

(3) M. Robert PITAVALL. Le four électrique, 1^{er} janvier 1910.

pices et les mois qui suivirent ne virent qu'augmenter et prospérer le marché des produits. Il ne faut pourtant pas croire que la syndicalisation eut comme conséquence une augmentation très sensible des prix. Les syndiqués résistèrent très justement à la demande de quelques-uns d'entre eux qui, à courte vue, réclamaient une élévation considérable de prix afin de réparer rapidement les blessures faites alors que la discorde régnait. Ce bénéfice beaucoup trop fort n'aurait eu pour résultat que de susciter de nouvelles concurrences. Les prix restèrent donc bas et la légère augmentation auprès du consommateur fut amplement compensée par les bénéfices donnés par la stabilisation des prix.

La nouvelle industrie était enfin sortie des crises de l'adolescence ; le torrent qui aurait pu être dévastateur était endigué et les bienfaits amenés par cet assagissement redonnèrent à l'industrie une période de calme et de tranquillité qui marque une nouvelle phase de prospérité et qui va se continuer jusqu'à la guerre.

1912 ne vit que s'affirmer les bienfaits des ententes et M. R. Pitaval pouvait faire ses vœux à ses lecteurs en 1914 en commençant par ses paroles :

« L'année 1913 qui vient de se terminer laissera dans l'esprit des électro-chimistes le souvenir

« d'une période de grande activité où tous les efforts
« furent largement récompensés. Grâce à ces résul-
« tats heureux, la plupart des sociétés plus ou moins
« éprouvées par les luttes antérieures, ont pu re-
« constituer leur situation, agrandir les usines, amé-
« liorer l'outillage en faisant appel au crédit avec le
« plus grand succès. 1913 marque un pas en avant
« dans la confiance qu'inspire maintenant l'indus-
« trie de l'électro-chimie, non seulement en raisons
« des bénéfices que laissent les produits fabriqués,
« mais également par la valeur de plus en plus
« grande prise par l'énergie hydraulique. La con-
« sommation de tous les produits du four électrique
« est en croissance régulière » (4).

En résumé pour clore cette période de vingt
cinq ans environ, donnons quelques chiffres.

Sur les 750.000 chevaux aménagés à la veille de
la guerre, 350.000 environ étaient employés pour
le transport de force et 400.000 pour l'électro-chimie
et l'électro-métallurgie. Les capitaux investis repré-
sentaient environ 800 millions de francs répartis de
la manière suivante :

Distribution d'énergie	500.000.000 fr.
Electro-chimie et électro-métallurgie et in- dustries diverses	300.000.000 fr.

(4) M. Robert PITAVAL. Le four électrique, 1^{er} janvier 1914.

Au moment de la déclaration de la guerre beaucoup d'installations hydrauliques nouvelles étaient en cours d'exécution. Comme pour toutes les usines, les chantiers furent fermés, les ouvriers renvoyés et la continuation des travaux remise à des jours meilleurs.

Dans l'exposé ci-dessus nous avons caractérisé l'état de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie française avant la guerre. Cet état donne une impression d'une situation, en somme, avantageuse et prépondérante. Est survenue la guerre, qu'en est-il résulté ?

« Désorganisée tout d'abord, cette branche de
« l'industrie française, comme toutes les autres du
« reste, s'est ressaisie dès le jour où, la lutte se pro-
« pageant du champ de bataille aux usines, il fut
« fait appel à son concours. Simple source d'appro-
« visionnement tout d'abord, qui fournissait les
« usines d'où sortait le matériel de guerre, son rôle
« fut assez modeste, mais peu lui importait. Elle
« avait conscience de remplir au même titre que cel-
« les-ci jusqu'aux limites des possibilités humaines,
« sa part de devoir national et cela lui suffisait. Les
« usines d'électro-chimie et électro-métallurgie ont
« su s'adapter aux circonstances et aucune n'a hésité

« à procéder à des installations nouvelles nécessaires, et plusieurs n'ont pas reculé devant ces travaux de longue haleine, que sont les aménagements des chutes ». (5).

C'est au mois d'août 1915 que l'on songea à utiliser et à intensifier toute cette branche de l'industrie. On avait besoin des productions électro-métallurgiques pour les canons et surtout de celles de l'électrochimie qui avaient à fournir à nos armées la poudre, les explosifs et le matériel chimique de guerre.

Le sous-secrétaire d'Etat des fabrications de guerre fit appel aux industriels de la houille blanche, tous répondirent instantanément.

Les difficultés étaient cependant nombreuses.

La première était la main-d'œuvre ; le temps dont on dispose pour créer un barrage est très court, car il doit être construit au moment des étiages et le travail l'hiver est impossible, il est donc nécessaire de réunir à des dates précises pour des périodes de courte durée le maximum d'ouvriers pouvant être employés sur le chantier.

D'autre part, nous ne possédons en France qu'un petit nombre d'ateliers pouvant fournir des turbines, il fallut les remettre en marche et comme

(5) M. WIDMER. Conférence aux Ingénieurs civils, en mars 1918.

leur production ne suffisait pas à la consommation, on fit appel à l'importation des turbines étrangères ; les conduites forcées elles-mêmes construites en acier spécial firent l'objet d'un effort considérable de la part de nos forges et de nos constructeurs spécialistes.

L'emploi de la houille blanche amène aussi l'étude d'une question très délicate que nous examinerons à fond dans un des chapitres suivants, mais que nous pouvons indiquer dès à présent. Dans cette industrie on est obligé d'engager immédiatement la totalité des capitaux que nécessite une installation complète. On ne peut proportionner les frais de premier établissement au développement progressif de l'entreprise. Ces difficultés déjà très grandes en temps de paix se sont encore accrues en temps de guerre du fait de la majoration énorme des dépenses.

Il y avait enfin les difficultés provenant du législateur qui n'ayant pas encore voté la loi réclamée par chacun, ne permettait pas de trouver un terrain juridique stable pour établir l'entreprise.

Ces difficultés n'arrêtèrent pas les industriels et nous avons vu plus haut le résultat de leur activité. Alors qu'en 1914 (6) il y avait 750.000 chevaux ins-

(6) Ces chiffres ont été empruntés à la Conférence de M. Cahen, du 18 mars 1918, aux Ingénieurs civils.

tallés, entre 1916 et 1921 il y eut 850.000 chevaux de puissance installée nouvelle. Les efforts faits dans les industries électro-chimiques et électro-métallurgiques ressortent immédiatement du tableau suivant :

	1914-1918 Augmentation de la puissance moyenne installée en HP
Transport de force.....	308.000
Electro-chimie	216.000
Electro-métallurgie	326.000
	850.000

L'effort financier fut aussi très grand puisque simplement pour l'électro-chimie et l'électro-métallurgie les capitaux immobilisés durant ces cinq années se montent à 335.000.000 de francs, dont 145.000.000 pour la première et 190.000.000 pour la seconde.

L'utilisation de cette énergie fit résoudre des problèmes excessivement intéressants et des plus utiles pour la dépense nationale. C'est ainsi que l'on utilisa directement la pression statique des chutes d'eau pour mettre en œuvre des presses destinées à la confection des ébauches d'obus. Une usine fut installée dans ce but à Servette près de Grenoble et l'eau provenant d'une chute de 600 mètres de hauteur actionnait des presses emboutissant plus de 25.000

ébauches de 75 par jour. Mais les applications les plus nouvelles et les plus fécondes ont été réalisées dans le domaine de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie.

L'électro-chimie par exemple, comme nous le verrons plus loin, dut suppléer à l'insuffisance des arrivages par mer de nitrate, elle fit un effort considérable pour la fabrication du phosphore, du magnésium, des explosifs chloratés, du chlore et de ses dérivés, etc...

L'électro-métallurgie non seulement développa ses anciennes fabrications d'acier, d'aluminium, de ferro-alliages, mais de nouveaux produits furent créés, comme la fonte synthétique, le fer électrolytique, etc...

Enfin et c'est l'un des résultats peut-être les plus remarquables de la guerre, de grands établissements métallurgiques ont compris la nécessité de s'intéresser à la houille blanche et à toutes les fabrications de l'électro-métallurgie. De sorte que ces puissantes sociétés créaient à leur tour des usines hydro-électriques et contribuaient ainsi à la prospérité d'une industrie qu'ils avaient tout d'abord considérée comme une rivale.

Il nous reste à étudier maintenant l'industrie de

l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie depuis la guerre.

A l'armistice toutes les usines fabriquaient à plein rendement soit pour le marché international, soit surtout et en très grande partie pour la défense nationale. L'armistice surprit les usines en plein fonctionnement et elles continuèrent leur production par suite de la vitesse acquise, d'autant plus que d'importants débouchés semblaient s'ouvrir : toute la région du Nord à reconstruire, la remise à neuf de notre outillage qui avait fonctionné à plein rendement et qu'il était nécessaire de changer. Enfin, l'indemnité que l'Allemagne devait nous verser permettait de prévoir un afflux de capitaux et par conséquent une augmentation considérable de la demande, 1919 passa au milieu de ce débordement d'activité générale ; survint 1920. « On pourrait résumer le jugement à porter sur 1920 en disant que ce fut une année de brillantes promesses réalisées pendant quelques mois et se terminant en espoirs déçus, quelque chose comme un beau feu de paille (7) ».

La crise a persisté pendant toute l'année 1921 en s'atténuant pourtant légèrement pendant le dernier trimestre. Cette crise comme on le sait, a été universelle et internationale, elle a affecté partout tous les

(7) Le journal « Le Four électrique », 1^{er} janvier de 1921.

produits par suite d'une réduction générale de la consommation, et les industries électro-chimiques et électro-métallurgiques en ont souffert comme les autres. Il s'y est ajouté toutefois une cause particulière pour ces industries : c'est la sécheresse. Celle-ci a été calamité pour les pays de montagnes et pour la montagne elle-même. L'année 1921 a été caractérisée par une réduction de la fabrication des produits électro-chimiques et électro-métallurgiques, la mévente et une réduction de prix. Voici par exemple, les prix pratiqués en France pour quelques produits au commencement et à la fin de l'année :

	Com. 1921	Fin 1921
Carbure de calcium, les 100 kg.....	137 »	83 »
Ferro-silicium 45 o/o, la tonne.....	1.200 »	905 »
Ferro-chrome 6 à 8 o/o, la tonne.....	2.600 »	1.850 »
Aluminium, le kilo.....	9 50	6 50

Un autre point très sensible qui montre la répercussion de la crise sur l'industrie électro-chimique et électro-métallurgique, c'est la baisse générale des titres des sociétés de cette branche dans tous les pays.

Quelques chiffres donnant les exportations pour ces trois années nous permettront de donner un tableau encore plus exact.

	1919	1920 en tonnes	1921
Bauxites	39.341	130.384	41.327
Alumine anhydre.....	6.037	8.657	4.078
Aluminium en lingots.....	2.433	1.233	312
Chlorate de potasse et divers...	4.443	2.059	720
Sodium (en kilo).....		1.300	300
Magnésium (en kilo).....		2.500	700

1922 au contraire, a été le commencement d'un nouvel essor. Dès les premiers mois de l'année du reste, on pouvait apprécier cet essor et le président du Conseil d'administration de la Société d'Alais, Froges et Camargue pouvait dire à l'assemblée générale de 1922 :

« L'exercice de 1922 a vu jusqu'à ce jour une
 « sérieuse reprise de l'activité commerciale si dure-
 « ment touchée en 1921 et il m'est agréable de pou-
 « voir vous dire, que le chiffre d'affaires des cinq
 « premiers mois de cet exercice a été presque le
 « double de celui des cinq premiers mois de 1921,
 « avec une tendance pour le chiffre moyen mensuel
 « à se rapprocher de celui de 1920. Si l'on tient
 « compte de la baisse des prix, très importante sur
 « certains produits, cela indique un volume d'affai-
 « res, en quantités de produits vendus, nettement
 « supérieur à celui de 1920, et cette reprise progres-
 « sive d'activité est très réconfortante. »

La même note de confiance se retrouvait dans

le rapport du Conseil d'administration de la société d'électro-chimie, d'électro-métallurgie et des aciéries électriques d'Ugine, présidé par M. de Montlaur ou dans celui des Etablissements Keller et Leleux.

Et si l'on regarde à l'heure actuelle les statistiques des douanes, on voit que l'année 1922 a été une année de convalescence où chacun a repris des forces et qui se termine en somme sur de belles promesses de retour à la santé pour tout le monde, sans qu'il y ait lieu toutefois de se dire que le danger est complètement écarté et que l'horizon apparaît maintenant sans nuage. Les nuages de toute sorte n'ont pas encore disparu, la situation économique mondiale en est même couverte, mais la consommation s'est tout de même ressaisie et les commandes sont plus abondantes et plus pressées.

Qu'est-ce que donnera 1923 ? Il est encore bien tôt pour le préjuger, surtout que la situation économique est dominée par la politique et celle-ci passe de nouveau par une crise orageuse ; nuages en Russie, nuages dans la Ruhr, nuages en Turquie. Néanmoins, nous croyons que le plus pénible est passé, mais il y aura peut-être encore quelques convulsions avant d'arriver au beau fixe que chacun souhaite.

CHAPITRE III

Importance de l'électro-chimie

Si on donne le nom d'électro-chimie à la science qui traite des applications de l'électricité à la chimie en général, l'électro-métallurgie désigne plus spécialement l'ensemble des procédés électro-chimiques appliqués à l'extraction, à l'affinage, au dépôt d'un métal ou encore à la préparation de composés métalliques, tels que les carbures, les borures, siliciures, etc., etc... que l'on obtient au four électrique.

Il semblerait donc à première vue que l'électro-chimie étant « l'alma-mater », doit être plus développée et employer une force totale beaucoup plus considérable que l'électro-métallurgie. Il n'en est rien. Cela tient, comme nous le verrons plus loin, à ce que le nombre des corps fabriqués par l'électro-chimie est nécessairement restreint, tandis que tous les espoirs sont permis à l'électro-métallurgie.

La répartition de la puissance hydro-électrique française était en 1910 d'après M. Pinot, la suivante :

« L'électro-chimie dispose d'environ 70.000
« chevaux sur un total de 600.000 aménagés, soit
« 11,6 0/0. »

Nous n'avons pu trouver les chiffres du nombre de chevaux employés par la seule électro-chimie à l'heure actuelle. Cela tient à ce que maintenant il est très difficile de faire le partage entre l'électrochimie et l'électro-métallurgie, les usines fabriquant différents produits se rattachant à l'une ou à l'autre branche et il n'est pas possible de faire la discrimination ; on peut néanmoins admettre que le chiffre donné par M. Pinot donne un ordre de grandeur de la répartition.

Nous constaterons en passant que la puissance employée pour l'électro-chimie est très inférieure à celle employée par l'électro-métallurgie qui disposait en 1910, quoique étant la dernière venue, toujours d'après M. Pinot, de plus de 200.000 chevaux sur le même total de 600.000 aménagés.

Les 70.000 chevaux employés par l'électro-chimie se répartissent approximativement ainsi :

Fabrications	Puissances
Carbure de calcium.....	42.000 HP env.
Produits azotés	10.000 —
Chlore et composés chlorés.....	8.000 —
Autres produits	10.000 —

Pour nous permettre de serrer le problème de plus près et de nous rendre compte d'une façon plus sincère de l'importance de l'électro-chimie en France, nous allons étudier dans une monographie rapide les corps ou séries de corps indiqués dans le tableau précédent.

Carbure de calcium

Ce corps a acquis dès le début un débouché important dans la fabrication de l'acétylène pour l'éclairage. Aux environs de 1901, l'isolement des fabricants de carbure et leur inertie au point de vue commercial avaient amené une surproduction, suivie d'une baisse de prix dont la clientèle, peu informée, ne profita pas. C'est alors qu'une société commerciale créa plus de 150 dépôts et mit ainsi le carbure à la portée des consommateurs à un prix inférieur à celui qu'ils payaient auparavant.

Ces diverses mesures donnèrent un grand essor à la fabrication du carbure — l'entente ne se fit pas seulement entre les fabricants français, mais aussi entre les fabricants européens.

L'acétylène a reçu depuis quelques années une

nouvelle application dans la soudure autogène des métaux. Ce nouvel emploi s'est rapidement généralisé dans la marine, les chemins de fer et les constructions mécaniques.

Une autre application du carbure de calcium, très importante surtout depuis la guerre, est son emploi dans la fabrication de la cyanamide sur laquelle nous reviendrons plus loin.

Malgré les débouchés qui se sont créés peu à peu pour le carbure, la consommation a été bien loin de progresser aussi rapidement que la production. De très nombreuses usines se sont établies dans le monde entier. La capacité totale de production annuelle dépassait 360.000 tonnes en 1910.

Nous donnons ci-après, la production et la consommation dans les principaux pays. Ces chiffres datent de 1912, mais donnent une idée générale de la répartition de la production et de la consommation.

Noms des pays	Usines en marche	Pro- duction	Consom- mation (1)	Expor- tation	Impor- tation
Allemagne.....	4	6.000	48.500	—	42.500
Autr.-Hongrie.	6	30.000	23.000	7.000	—
Angleterre	2	1.300	18.500	—	17.500
Espagne	11	18.000	18.000	—	—
France et Colo- nies	15	34.500	34.500	—	—
Italie	9	34.000	26.000	12.000	—
Suède, Norvège	8	66.000	4.000	62.000	—
Russie	2	1.600	2.000	—	400
Suisse	8	36.000	2.500	33.500	—
Etats-Unis ...	2	58.000	40.000	18.000	—
Canada	3	10.000	5.000	5.000	—
Brésil	—	—	6.500	—	6.500
Rép. Argentine	—	—	9.000	—	9.000
Cuba	—	—	7.000	—	7.000
Australie-Nou- velle Zélande	—	—	15.000	—	15.000

(1) Non compris le carbure employé à la fabrication de la cyanamide.

Si nous regardons la production par année de la France seulement, nous trouvons les chiffres suivants :

La production française en 1911 a été de :

33.000 tonnes

sur une production mondiale de 256.000 tonnes.

En 1912 on fabriquait en France :

34.000 tonnes

de carbure sur une production mondiale de 304.000 tonnes.

En 1913 augmentation brusque en France

45.000 tonnes

sur une production mondiale de 372.000 tonnes.

La guerre a eu comme conséquence une baisse de la production, en France du moins ; nous n'avons pas pu retrouver les chiffres de la production mondiale pour cette période — en 1917 la production française atteignait difficilement 36.000 tonnes pour passer à 39.000 tonnes en 1919 — malgré la crise, nouvelle augmentation en 1921 (40.000 tonnes). Pour 1922 les chiffres n'ont pas été publiés encore, mais on peut compter sur plus de 45.000 tonnes.

De ces différents chiffres nous pouvons tirer les enseignements suivants :

La France et la Norvège sont parmi les principaux pays producteurs de carbure, la première utilisant toute la production, la seconde l'exportant au contraire presque en totalité, soit en Angleterre soit en Allemagne. Cette dernière pourtant achète une grosse partie de sa consommation en Suisse où, comme nous l'avons indiqué plus haut, elle a joué un grand rôle dans l'aménagement des chutes et la construction des usines. Beaucoup de sociétés ayant leurs usines en Suisse, sont des sociétés allemandes à capitaux allemands.

Nous nous sommes un peu étendus sur le carbure de calcium car ce produit a été en grande partie la cause du développement de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie. A sa découverte par Moissan, en effet, tout le monde voulut en fabriquer : les débouchés paraissaient illimités ; on ne connaissait pas encore l'éclairage électrique ou tout au moins celui-ci ne paraissait pas susceptible de se répandre beaucoup en dehors de quelques centres ; l'éclairage au gaz était limité aux villes de sorte qu'un avenir grandiose semblait réservé à la nouvelle industrie... Cet avenir aboutit à la terrible crise de 1900 qui obligea un grand nombre de carburiers à chercher d'autres débouchés pour leur force et à mettre au point des fabrications de produits nouveaux.

En terminant, nous emprunterons à une voix autorisée quelques chiffres donnant une idée de la force consacrée au carbure de calcium.

« Au total, et bien qu'il soit assez difficile de
« discerner la part de puissance consacrée à chacun
« des objets des usines électro-métallurgiques, on
« peut estimer approximativement à 80.000 HP
« moyens après achèvement des travaux en cours, la
« puissance consacrée à la fabrication réunie des al-
« liages et du carbure de calcium dans les Alpes,
« cependant que 100.000 autres chevaux moyens

« environ sont, dans le même but, en aménagement
« dans les autres régions montagneuses de la Fran-
« ce : 25.000 dans le Centre et 75.000 dans les Py-
« rénées. » (1)

Produits azotés

Comme nous l'avons montré par l'historique sommaire, l'obtention des nitrates ou plutôt de l'acide nitrique, date des débuts de l'électro-chimie puisque Priestley et Cavendish, qui peuvent être considérés comme les fondateurs de cette science, firent leurs premières expériences en combinant l'azote et l'oxygène de l'air par l'étincelle électrique, mais c'est au commencement du XX^e siècle seulement que la fabrication entra dans le domaine industriel.

Les nitrates sont utilisés dans la fabrication des explosifs, mais leur principale application est leur emploi dans l'agriculture. Les peuples mangeurs de pain sont passés de 359 millions d'habitants en 1870 à 510 millions en 1895, la culture du blé doit donc être étendue constamment mais comme les terres à cultiver ne sont pas indéfiniment extensibles, il faut arriver à augmenter le rendement, faire de la culture intensive et seul l'emploi des nitrates synthétiques le

(1) Conférence de M. WIDMER aux Ingénieurs Civils, en 1918.

permettra. Enfin la synthèse des oxydes d'azote semble avoir de nombreuses applications dans l'industrie chimique.

Le rôle des nitrates, déjà considérable, est donc appelé à grandir encore et M. Guye n'a pas craint d'écrire : « Le développement de la nouvelle industrie sera un des événements les plus considérables du XX^e siècle ».

On peut commencer à s'apercevoir de la justesse de cette observation lorsque l'on assiste de nos jours aux luttes entre les partisans des différents procédés de fabrication de l'ammoniaque : procédés directs Claude ou Habert, procédé indirect en passant par la cyanamide.

Avant la guerre la production de l'ammoniaque était une industrie en somme assez peu développée, on passait uniquement par l'intermédiaire de la cyanamide, mais dès le début de 1915, le Service des poudres préoccupé de voir nos fabrications de munitions gravement tributaires des livraisons de nitrate de soude du Chili, décida de monter à la Poudrerie d'Angoulême une usine d'acide nitrique synthétique par l'oxydation de l'ammoniaque. En même temps la fabrication de la cyanamide qui se trouvait surtout en Savoie développa grandement sa production et, dans les Pyrénées, se montait une usine pour la

fabrication de l'acide nitrique par oxydation directe de l'azote atmosphérique dans l'arc électrique (procédé norvégien).

Au commencement de 1917 la gravité de la campagne sous-marine amena le gouvernement à envisager la nécessité de mettre la France en état de se passer, comme l'Allemagne, de l'importation des nitrates ; il décida la création d'installations capables d'une production journalière de 600 tonnes environ d'acide nitrique remplaçant 900 tonnes de nitrate, ce qui du reste ne correspondait guère qu'à la moitié des besoins maxima en poudres et explosifs.

Par économie et pour gagner du temps on décida de produire l'acide nitrique par l'oxydation de l'ammoniaque provenant de la cyanamide.

Voici du reste quelques chiffres donnant l'augmentation de la production de la cyanamide en France. En 1910 la capacité de production annuelle était de 4.000 tonnes. En 1913-14, à la veille de la guerre elle était de 7.000. Aujourd'hui, par suite de l'effort fourni pendant les hostilités nous arrivons à 150.000 tonnes correspondant à 30.000 tonnes d'azote. Ce chiffre semble énorme et pourtant il est faible en regard de nos besoins que M. Leboucq, député, évalue dans son rapport sur l'ammoniaque synthétique à :

110.000 tonnes d'azote par an pour l'agriculture.

100.000 tonnes d'azote par an pour la Défense nationale.

On voit donc que cette fabrication peut encore se développer sans entraver l'essor des autres procédés.

Si, du reste, on jette un coup d'œil sur l'Allemagne, nous voyons d'après l'*Elektrotechnische Zeitschrift* qu'elle a une capacité de production annuelle de cyanamide de 400.000 tonnes (sa consommation étant de 500.000 tonnes).

D'après le Comité de l'azote du ministère anglais des Munitions, la production mondiale de la cyanamide était en 1918 de 668.000 tonnes (Japon, 50.802 tonnes) ; en 1920 la production possible est de 3.250.000 tonnes, soit 20,9 0/0 de la consommation mondiale d'azote.

A titre de renseignement et de comparaison le nitrate du Chili représente le 30,2 0/0 de la consommation mondiale.

Chlore et composés chlorés

L'industrie des chlorates date du début de l'industrialisation de l'électro-chimie. Ce fut en 1886 en effet, que MM. Gall et de Montlaur établirent leur

première usine à Villers-Saint-Sépulcre. Depuis d'autres usines furent créées et en 1910 l'exportation française atteignait déjà 4.000 tonnes. Cette industrie s'était d'ailleurs étendue à d'autre pays. En 1890 elle disposait de 1.800 HP. En 1910 elle en utilisait plus de 20.000 répartis entre la France, la Suisse, la Suède et les Etats-Unis. Mais la guerre arriva et l'utilisation des chlorates et des perchlorates comme explosifs allait trouver des débouchés considérables, soit dans le chargement des bombes des canons de tranchée, soit dans tous les travaux du génie. Une seule usine créée de toute pièce à Grenoble pendant la guerre, commencée en juillet 1915, arrivait à fournir en 1916, 60 tonnes par jour ; plus tard, par suite d'un nouvel effort, la production fut portée à 90 tonnes.

La production française des chlorates par l'électrolyse était déjà avant la guerre très supérieure à la consommation et on en exportait de grandes quantités (plusieurs milliers de tonnes). Comme nous l'avons dit plus haut le développement de cette industrie fut considérable pendant les hostilités, de sorte qu'après 1918 des stocks très importants furent accumulés dans les usines et la production de 1921 dut être ramenée à 2.750 tonnes.

L'industrie du chlore en France est née en quel-

que sorte de la guerre. Avant 1914 l'Allemagne en avait accaparé la fabrication qui est en grande partie connexe de celle des matières colorantes. Lorsque nos ennemis en 1915 commencèrent la guerre des gaz, le ministère, pour répondre à leurs procédés inqualifiables de combat, dut faire procéder à des agrandissements considérables dans les quelques usines existantes.

A l'armistice, moment d'arrêt, on trouva des débouchés dans la concurrence aux Allemands pour la production des matières colorantes. La production actuelle de chlore électrolytique peut se chiffrer par 25.000 tonnes.

Avec le chlore on obtient également un autre produit dont l'importance industrielle est plus grande encore. Nous voulons parler de la soude. La production en atteint environ 28.000 tonnes.

Produits divers

Avant de clore notre étude sur l'électro-chimie, il nous reste à en énumérer les produits de second ordre, produits fort divers et d'importance fort inégale et souvent minime.

1° *Oxygène et hydrogène.* — L'électrolyse est le

seul moyen industriel d'obtenir l'hydrogène à l'état de grande pureté.

Quant à l'oxygène, la méthode électrolytique est concurrencée très fortement par la distillation fractionnée de l'air liquide. De la sorte, l'oxygène électrolytique peut être considéré comme un sous-produit de la préparation de l'hydrogène.

2° *Carborundum ou siliciure de carbone.* — C'est un corps d'une extrême dureté comparable à celle du diamant. On s'en sert pour fabriquer des meules à métaux. De plus, ce corps est un des meilleurs réfractaires connus et il est insoluble dans les métaux fondus, d'où son emploi pour le garnissage des fours métallurgiques.

A l'heure actuelle, la fabrication de la France est de l'ordre de 500 tonnes, mais les possibilités en sont le triple, c'est-à-dire 1.500 tonnes.

3° *Phosphore.* — Ce corps est maintenant fabriqué exclusivement au four électrique. Avant la guerre une seule usine existait en France. Elle produisait 400 tonnes par an. A l'heure actuelle la fabrication est répartie entre quatre usines pouvant produire 400 tonnes par mois.

Comme conclusion de ce chapitre, nous allons indiquer la production pour 1922 des différents pro-

duits dont nous avons parlé. Connaissant leurs prix de vente à cette époque, nous pourrons ainsi, avec un seul chiffre, nous faire une idée de l'importance de l'électro-chimie.

PRODUITS	Quantité en tonnes	Px de la tonne	Prix total
Carbure de calcium	50.000	775	38.750.000
Cyanamide	30.000	1.000	30.000.000
Chlore	25.000	800	20.000.000
Soude	25.000	103	2.575.000
Chlorates et perchlorates de soude	1.000	1.600	1.600.000
Chlorates et perchlorates de potasse	2.000	2.000	4.000.000
Carborundum	{ 300 200	{ 3.500 1.200	{ 1.050.000 240.000
Hydrogène	}		12.000.000
Oxygène			
Phosphore			
Divers			
Total(env.).			110.000.000

Nous arrivons ainsi au total d'environ 110.000.000 de francs. N'oublions pas que durant cette année-là il y eut une crise terrible sur l'industrie et en chiffrant à 150.000.000 de francs la production d'une année normale nous pensons même être très au-dessous de la vérité.

CHAPITRE IV

Importance de l'électro-métallurgie

Si l'on se propose tout d'abord de dégager les traits caractéristiques de l'électro-métallurgie, le premier qu'on lui reconnaîtra, non sans quelque fierté, est une origine bien française. Grâce en effet aux inventeurs Heroult, Girod, Keller, Chaplet, etc..., la France, dès le début du XX^e siècle, est devenue le pays classique du four électrique. Nombreux sont en outre les brevets d'adaptation à ce four du courant électrique sous toutes ses formes, brevets enregistrés au nom de diverses sociétés nées principalement dans les Alpes de la Savoie et du Dauphiné et qui n'ont pas tardé à mettre en valeur le nouvel appareil.

L'importance de l'électro-métallurgie est consi-

dérable en France. En 1910, ainsi que nous l'avons vu dans le chapitre précédent, sur un total de 600.000 chevaux aménagés, cette industrie en employait près de 200.000.

Nous allons passer en revue en détail les principaux produits.

Aluminium. — Nous commençons notre étude par l'aluminium pour une double raison :

Raison historique parce que c'est le premier métal qui ait été fabriqué dans une usine hydro-électrique.

Raison technique parce que sa fabrication appartient à la fois à l'électro-chimie par la méthode (électrolyse) et à l'électro-métallurgie par la nature du produit.

L'aluminium, découvert en 1827 par Wohler, est resté un produit de laboratoire jusque vers 1850, époque à laquelle Sainte-Claire Deville l'obtint en faisant réagir du sodium sur le chlorure double d'aluminium et de sodium. Le premier morceau d'aluminium fut présenté à l'Académie des Sciences le 20 mars 1854. Il valait alors 1.250 francs le kilogramme...

Cette méthode chimique ne fut abandonnée qu'après 1886, époque à laquelle apparut la fabrication par le four électrique. Depuis 1886 la fortune de ce métal a été prodigieuse ainsi qu'en remarque le tableau ci-après (page 17).

Cette fortune est la réalisation de la vision prophétique d'Henri Saint-Claire Deville lorsqu'il disait :

« Les métaux que les hommes emploient dans
« les pays civilisés pour les besoins ordinaires de la
« vie sont en très petit nombre... Lorsque le hasard
« m'eut fait découvrir quelques-unes des propriétés
« très curieuses de l'aluminium, ma première pen-
« sée fut que j'avais mis la main sur ce métal inter-
« médiaire dont la place serait faite dans les usages
« et les besoins des hommes le jour où l'on connaî-
« trait le moyen de le faire sortir des laboratoires
« des chimistes pour le faire entrer dans l'indus-
« trie. »

ANNEES	Consommat. mondiale d'Aluminium	Product. mondiale d'Aluminium	Prix moyen du kilogr.
1855	—	—	1.250 »
1857-1866 ..	—	—	125 »
1885	15	15	78 »
1889	70	71	11 »
1892	484	487	7 50
1897	1.750	1.800	3 »
1900	7.300	8.300	2 50
1901	7.500	7.500	2 50
1902	7.800	7.800	2 55
1905	11.500	11.500	4 50
1907	19.800	14.800	4 50
1908	18.600	17.000	2 25
1909	31.200	35.300	2 »
1910	43.800	44.200	2 »
1911	51.600	51.100	2 25 (1)
1912	62.900	62.600	2 45 (2.25)
1913	66.800	68.300	2 60
1914	83.600	83.500	2 05
1915	79.600	81.700	3 75
1916	121.100	115.100	6 70
1917	164.200	156.000	5 70 (4.50)
1918	196.000	179.900	3 70
1919	156.100	156.000	3 55
1920	165.900	160.800	3 40 (10.00)
1921	88.000	92.000	2 35 (8,50—6,00)

Il est intéressant de remarquer que la consommation et la production sont restées équivalentes jusqu'en 1906. En 1907, par suite de la chute des

(1) A partir de 1911, le prix est indiqué d'après les cours de New-York. Il est évalué en francs or. Les chiffres entre parenthèses sont ceux du marché français. Ils sont évalués en francs papier.

brevets dans le domaine public, de nouvelles usines se sont créées et il y a eu surproduction. Surproduction encore en 1908, accompagnée, comme en 1907, d'accumulation de stocks. Enfin en 1909 et en 1910, le phénomène inverse s'est produit et la consommation a dépassé la production, c'est-à-dire le jeu des stocks a permis aux usines de répondre à la demande.

Ce jeu de l'offre dépassant la demande, ou le contraire, s'est poursuivi d'une façon continue jusqu'à nos jours avec une tendance pourtant à se stabiliser ; l'offre et la demande tendant à s'égaliser sensiblement.

La dernière colonne de notre tableau nous montre que dans l'ensemble, les prix ont subi une baisse à peu près continue jusqu'en 1914 pour se relever pendant la guerre. Le relèvement des prix qu'on constate en 1905 est dû à la rareté du métal à la suite de grèves et de circonstances diverses parmi lesquelles la sécheresse. En 1908 le prix redescendit en raison de la disparition des brevets tombés dans le domaine public en Europe, puis aux Etats-Unis et de l'accroissement considérable des moyens de production.

L'augmentation de 1916-1917 correspond à l'augmentation générale du prix de tous les métaux à cette époque. C'est la période où les peuples en

lutte s'apercevant de la consommation considérable que leur imposait la guerre et craignant que les matières premières pour leurs industries ne leur manquent, se précipitèrent en un « Rush » impressionnant pour en faire le plus de stocks possible. Les prix augmentèrent donc d'une façon colossale. Cette augmentation ne dura d'ailleurs que peu et dès le commencement de 1918 les cours revenaient à la hauteur de ceux de 1915 pour diminuer ensuite d'une façon ininterrompue jusqu'à nos jours. Nous parlons naturellement de prix-or car dans chaque pays la valeur du métal a augmenté dans la proportion où la monnaie nationale se dépréciait.

Ce qu'il faut noter dans l'industrie de l'aluminium c'est le rôle considérable de notre pays et cela pour plusieurs raisons.

L'aluminium a été préparé et étudié pour la première fois par un grand chimiste français, Sainte-Claire Deville.

Notre pays possède, au moins actuellement, le plus important des gisements du minerai d'aluminium, la bauxite. Ce gisement est en Provence. C'est en outre lui qui fournit le minerai le plus pur.

C'est Heroult, autre savant français, qui a inventé le premier four électrique et mis au point le

procédé par électrolyse ignée, aujourd'hui universellement employé.

Enfin, c'est la France qui est le producteur le plus important d'Europe, jusqu'en 1910 elle était à peine dépassée par les Etats-Unis. En 1910, d'après M. Robert Pinot on pouvait estimer que la capacité de production de toutes les usines du monde dépassait 50.000 tonnes avec une puissance totale de 320.000 chevaux.

La France représentait sur ce total une capacité de production de 20.000 tonnes avec une puissance de 140.000 chevaux.

Examinons le tableau ci-après (page 21) donnant la production de l'aluminium dans les différentes nations.

On voit que la France est en somme la seconde des puissances productrices d'aluminium après les Etats-Unis. Le groupe Allemagne, Autriche, Suisse semble la dépasser, mais il est formé de trois puissances et encore beaucoup moins à craindre depuis le partage de l'Autriche. Le Canada par contre menace sérieusement la place de la France. Il l'a même atteinte pendant la guerre, mais maintenant tout danger semble écarté.

Nous avons donc raison de signaler l'importance de cette industrie pour la France. C'est à cause

de cela qu'il serait intéressant de substituer l'aluminium au cuivre partout où cette substitution sera possible.

Production de l'aluminium en tonnes

ANNEES	France	Italie	Angleter.	Norvège	Canada	Etats-Unis	Allemagne
							Autriche
1900..	1.000	—	600	—	200	3.200	2.500
1901..	—1.200	—	600	—	700	3.200	2.500
1902..	1.400	—	600	—	1.200	3.300	2.500
1903..	1.600	—	700	—	2.000	3.400	2.500
1904..	1.700	—	700	—	3.000	3.900	3.000
1905..	3.000	—	1.000	—	1.500	4.500	3.000
1906..	4.000	—	1.000	—	3.000	6.000	3.500
1907..	6.000	—	1.800	—	8.000	8.000	4.000
1908..	6.000	600	2.000	—	5.000	6.000	4.000
1909..	8.000	800	2.800	600	7.000	9.000	5.000
1910..	9.500	800	5.000	800	7.000	10.500	8.000
1911..	10.000	800	5.000	900	7.000	12.000	8.000
1912..	13.000	800	7.500	900	8.300	14.300	12.000
1913..	13.000	900	7.600	1.500	5.900	22.500	12.000
1914..	10.000	900	7.500	2.500	6.800	40.800	15.000
1915..	6.000	1.100	7.100	2.900	8.500	44.900	12.000
1916..	9.600	1.700	7.700	4.300	8.500	63.100	20.000
1917..	11.100	1.700	7.100	7.600	11.800	90.700	26.000
1918..	12.000	1.700	8.300	6.900	15.000	102.100	34.000
1919..	15.000	1.700	8.100	3.100	15.000	81.600	31.000
1920..	15.000	1.700	8.000	5.600	12.000	87.300	31.000
1921..	10.000	7.000	7.000	7.000	8.000	40.000	27.000

Electrosidéurgie

La partie que nous allons étudier maintenant est encore plus importante que l'industrie de l'aluminium. Elle comprend en effet la fabrication du fer,

de la fonte et de l'acier au four électrique et avant-guerre nous fabriquions en France plus de 50.000 tonnes de fontes et d'aciers électriques et depuis la fabrication n'a fait que croître comme nous le verrons plus loin.

Les recherches sur l'électro-sidérurgie datent de la fin du XIX^e siècle, mais ce n'est guère que vers 1900 que l'on put sortir du Laboratoire et faire de véritables productions industrielles.

Fabrication du fer. — Cette fabrication n'en est en somme qu'aux premiers balbutiements. Certains industriels français ont bien obtenu directement du fer en partant du minerai (par la voie électrolytique par exemple), fer d'une grande pureté et possédant des propriétés remarquables. Mais cette fabrication par suite du coût de production ne s'est pas encore développée et on ne peut pas raisonnablement en faire état dans une étude comme la nôtre.

Fabrication de la fonte. — En 1910 M. Robert Pinot pouvait dire à l'Exposition de Bruxelles : « La lutte (du haut fourneau contre le four électrique) ne semble devoir être possible que dans le cas où énergie et minerai sont acquis à bon compte... Mais, ajoutait-il, ce n'est pas, du moins actuellement, le

cas de la France qui ne fabrique pas encore de fonte électrique ».

Depuis 1910 la situation a changé, la technique s'est considérablement améliorée et les statistiques du Comité des Forges nous donnent pour la France les chiffres suivants :

ANNÉES	Quantité de fontes produites au four électrique	Quantité totale de fontes produites	Proportions 0/0
1913	28.753	5.207.307	0,55
1914 1 sem.	12.071	2.448.958	0,5
1914 2 sem.	11.943	241.588	4,6
1915	29.760	585.776	5
1916	71.000	1.488.600	5
1917	116.227	1.734.900	6,7
1918	120.000	1.306.000	9,2
1919	55.422	2.412.149	2,2
1920	59.656	3.433.791	1,8
1921	55.568	3.361.385	1,7
1922	69.077	5.288.577	1,3
	TONNES	TONNES	

On peut faire immédiatement la remarque du peu de différence de tonnage entre le premier et le deuxième semestre 1914 dans la production de la fonte électrique, alors que la production totale de fonte tombe au dixième. Cela tient à la situation des usines presque toutes dans les Alpes. On voit immédiatement l'avantage que notre économie nationale et notre mobilisation industrielle pourraient retirer de la dispersion des usines productives, dispersion qui découle directement de celle des chutes d'eau.

Comparons les chiffres de 1918 et de 1919. La production par le four électrique a baissé de moitié. Cela tient à la rentrée dans notre Patrie des provinces désannexées qui ont apporté les produits de leur industrie intacte. De ce fait, la quantité totale de fonte produite est passée presque du simple au double. De la sorte la production de fonte électrique ne s'est maintenue que grâce aux fontes spéciales. En 1921, nouvelle diminution par suite de la crise et de la sécheresse et enfin reprise très sensible en 1922.

En comparant les chiffres de 1922 et de 1923 on s'aperçoit que pour un total sensiblement égal, la production au four électrique a augmenté à peu près dans la proportion de 1 à 3.

Fabrication de l'acier. — La France produit en grande quantité l'acier électrique. Il est de qualité supérieure, il possède une dureté remarquable, il est très homogène et très tenace. On peut, avec le four électrique, faire varier sa *composition et y doser exactement toute proportion d'éléments étrangers.*

On peut faire par grandes quantités les aciers fins qui sont de plus en plus employés.

La fabrication de l'acier, comme celle de l'aluminium, est, remarquons-le en passant, une industrie créée et mise au point par des Français. En 1910 sur un total de 27 fours fonctionnant en France, deux

seulement étaient étrangers et sur 81 fours de marques connues fonctionnant à l'étranger, il y en avait 38, soit 47 o/o qui étaient de marque française. Aux Etats-Unis, en 1920, sur un total de 356 fours électriques, 159 au moins étaient français (type Heroult). En 1921 sur un total de 388, il y en avait 164 de ce même type.

Si nous étudions maintenant la production de l'acier au four électrique et si nous le comparons avec la production totale, nous obtenons le tableau suivant (2) :

ANNEES	Aciers au four électrique	Production totale	Proportion o/o
	EN TONNES	EN TONNES	
1913	21.124	4.686.866	0,4
1916	44.429	1.951.892	2,4
1917	44.429	1.951.892	2,4
1918	58.222	1.807.931	3,2
1919	92.338	2.350.500	4,
1920	58.080	3.102.170	2,
1921	24.457	3.102.170	0,8
1922	41.434	5.228.577	0,9

Remarquons que la proportion croît brusquement entre 1913 et 1916. En effet, par suite de l'invasion allemande il a fallu suppléer à la diminution de production de l'acier par les méthodes ordinaires en intensifiant la production de l'acier au four électrique.

(2) Ces chiffres sont extraits du Bulletin Statistique du Comité des Forges de France.

Au contraire, la production a considérablement baissé en 1920 et surtout en 1921. Pour cette dernière année la proportion d'acier au four électrique tombe à 0,8 de la production totale ; cela provient de deux causes déjà signalées : la crise qui a été plus dure pour les produits de luxe que pour les produits courants et, pour 1921 surtout, la sécheresse qui a été une catastrophe pour les pays de montagne. En tous cas, nous voyons que malgré ces deux causes la production du four électrique est en augmentation considérable sur 1913.

Voyons maintenant l'évolution dans deux pays grands producteurs d'aciers, l'Allemagne et les Etats-Unis.

Production allemande de lingots d'acier

ANNEES	AVEC LA LORRAINE ET SARRE			SANS LA LORRAINE ET SARRE		
	Production au four électrique	Production tion totale en tonnes	Pro- portion 0/0	Production au four électrique	Production tion totale en tonnes	Pro- portion 0/0
1913 ..	72.000	16.943.000	0,4	70.000	12.589.000	0,5
1914 ..	79.000	13.521.000	0,6	67.000	10.627.000	0,6
1915 ..	124.000	11.599.000	1,	85.000	9.292.000	0,9
1916 ..	213.000	13.601.000	1,5	110.000	10.844.000	1,
1917 ..	199.000	13.779.000	1,4	121.000	11.048.000	1,1
1918 (1)	179.000	11.392.000	1,5	132.000	10.964.000	1,3
1919 (1)	—	—	—	55.000	6.732.000	0,8

(1) La statistique officielle allemande relative à la Sidérurgie ne comprend plus la Lorraine depuis le 1^{er} janvier 1918, ni la Sarre depuis le 4^{er} janvier 1919.

On aperçoit encore là l'augmentation constante de la production de l'acier électrique. Enfin, aux Etats-Unis en 1920 sur une production totale de 40.881.292 tonnes d'acier, 346.956 tonnes seulement étaient produites au four électrique, soit 0,85 o/o, alors qu'à cette même époque sur une capacité de production totale de 57.000.000 de tonnes environ, l'industrie électro-sidérurgique pouvait en fournir 1.390.000 tonnes, soit une proportion de 2,50 o/o.

Ici encore et pour les mêmes raisons, la crise de 1920 a touché beaucoup plus vivement l'électro-sidérurgie ordinaire.

Ferro-alliages

On désigne sous le nom de ferro-alliages, ou ferros, des alliages de fer avec d'autres métaux tels que le manganèse, le silicium, le tungstène, le molybdène, le vanadium, le titane, etc...

Certains de ces corps, tels que le manganèse et le silicium introduits dans l'acier ordinaire en fusion, augmentent les qualités de celui-ci en le purifiant. Les autres s'allient véritablement à l'acier et donnent ce qu'on appelle les aciers spéciaux doués de proprié-

tés remarquables et dont l'emploi se vulgarise journellement.

Les ferros sont à l'heure actuelle préparés en grande quantité par l'électro-métallurgie et on délaisse de plus en plus l'ancienne fabrication au coke de ces produits pour la remplacer par la fabrication au four électrique.

La production qui, en 1904, était de 25.460 tonnes au coke contre 5.756 au four électrique, soit une proportion de 18 o/o de la production totale pour ces fours passait successivement en :

1908	production au coke	46.693 T.	au four élect.	15.329 T.
	proportion	24 o/o		
1910	production au coke	40.106 T.	au four élect.	24.353 T.
	proportion	36 o/o		
1912	production au coke	38.012 T.	au four élect.	29.985 T.
	proportion	44 o/o		

Nous n'avons malheureusement pas pu nous procurer des chiffres exacts sur les productions après 1912, mais il est hors de doute que la proportion des ferros fabriqués au four électrique a continué à progresser d'une façon constante. C'est du moins ce qu'il résulte des renseignements que nous avons puisés auprès des techniciens.

La production totale des ferros est en effet la suivante pour la France pendant ces dernières années :

1911.....	31.270 tonnes
1912.....	29.985 —
1913.....	32.230 —
1914.....	
1919.....	44.945 —
1920.....	24.907 —
1921.....	14.882 —

Disons deux mots maintenant de l'importance dans notre Balance Commerciale de l'industrie des ferros :

Sous le couvert d'organisations syndicales et d'ententes individuelles entre certaines usines, l'industrie électro-métallurgique française des ferro-alliages, importatrice des minerais nécessaires à ses fabrications était avant-guerre exportatrice de ses propres produits.

Riche en chutes d'eau, comme nous l'avons vu précédemment, la France, de même que ses colonies, est en effet pauvre en minerais autre que le fer et la bauxite ; les usines électro-métallurgiques de ferro-alliages devaient donc, avant-guerre, demander des minerais à tous les pays du monde.

Par contre les ferro-alliages figuraient dans la Balance du commerce de la France, au titre de produits exportés. Seul, en principe, le ferro-silicium

à 10-12 o/o, le silico-spiegel et le ferro-manganèse qui, en raison des conditions de fabrication favorables sont restés du domaine du haut fourneau, étaient importés. Pour tous les autres alliages, les Sociétés Electrométallurgiques Françaises, non seulement alimentaient exclusivement le marché national, mais encore envoyaient au moins 80 o/o de leur production à l'étranger, savoir : en Angleterre, en Russie, en Italie, au Japon, dans certains cas même aux Etats-Unis, comme aussi en Autriche et en Allemagne.

« Vis-à-vis de l'Allemagne, le fait mérite d'être
« signalé, car pour tant de marchandises la France
« était tellement inondée par la vague allemande
« qu'il n'est pas indifférent de signaler, quand on
« l'a rencontrée, une catégorie de produits qui re-
« montaient le courant (2). »

Au total en chiffres ronds et approchés, on peut estimer que l'électrométallurgie française, avant la guerre, importait pour six à sept millions de minerai et exportait pour une quinzaine de millions, ce qui en tonnage représentait 12.940 tonnes de ferros en 1913. Arrêté presque totalement pendant la guerre, le mouvement d'exportations a repris brusquement à la cessation des hostilités pour retomber aussi brus-

(2) Conférence de M. Widmer aux Ing. Civils, déjà cité.

quement lors de la crise économique dont nous subissons encore les contre-coups. L'exportation en tonnes a été de 8.898 sur une production de 24.900. En 1921 l'exportation a été encore beaucoup plus faible puisque la production n'a été que de 14.900 tonnes, mais pour 1922 d'après les chiffres que l'on nous a donnés à titre provisoire, il semblerait s'accuser une grosse progression dans la fabrication et dans l'exportation.

Mais ce n'est pas seulement en France que l'industrie des ferros s'est trouvée développée par suite de la guerre. L'Angleterre créa de toute pièce une industrie pour fabriquer la poudre de tungstène qu'elle employait pour ses aciers à coupe rapide et qu'elle faisait venir d'Allemagne avant 1914. Elle développa en outre l'industrie hydro-électrique du Canada pour recevoir directement de ses colonies les alliages qui lui étaient nécessaires.

L'essor inouï donné par la guerre à l'industrie de l'acier aux Etats-Unis a, d'autre part, parallèlement développé d'une manière considérable dans ce pays, la fabrication des ferro-alliages.

Les trois pays neutres détenteurs de puissance hydraulique, la Suisse, la Suède et la Norvège, ont de leur côté donné à leurs installations hydro-électriques un développement intense.

Nous n'avons pu recueillir de chiffres précis à cet égard en Suisse et en Suède, mais ceux que nous possédons pour la Norvège pourraient nous donner une idée de ce qui s'est fait ailleurs :

	1912	1916
Exportations de Ferro-Silicium	6.022 T.	18.134
— de Ferro-Chrome.....	Néant	13.470

Enfin l'électro-métallurgie englobe aussi la préparation et le raffinage électrolytique des métaux. Mais nous ne nous appesantirons pas sur cette question qui, en France du moins, est de peu d'importance.

Il y aurait lieu de citer l'affinage électrolytique du cuivre dont s'occupaient quatre usines en France avant la guerre. Pour le marché mondial cette question est par contre très importante puisque 60 o/o du cuivre est affiné par cette méthode ; aux Etats-Unis, 80 o/o de la production passe par les cuves électrolytiques.

Il faudrait citer encore la fabrication à partir de leur minerai, du nickel, de l'étain, de l'or, de l'argent, de l'antimoine, du bismuth, etc., etc..., mais ces questions très intéressantes au point de vue technique ne peuvent pas être traitées dans une étude d'ensemble étant donné leur peu d'importance en face de celles que nous venons de voir.

En terminant, indiquons pour l'année 1922 la valeur des différents produits électrométallurgiques :

*Fabrication des produits électrométallurgiques
en 1922*

PRODUITS	Quantité en tonnes	Prix de l'unité	Total
Aluminium	12.430	6.000	74.400.000
Fonte au four électrique	56.000	600	33.600.000
Acier	58.000	900	52.200.000
Magnésium	36	20.000	720.000.000
Sodium	800	6.000	4.800.000
Ferro-Tungstène	600		4.050.000
— Molybdène	32		570.000
— Chrome Affiné ..	900		3.300.000
— Silico Manganèse	6.044		4.250.000
— Silicium 50 o/o..	11.041		8.980.000
— Chrome	862		1.326.000
Fer Electrolytique, Affi- nage du cuiv., divers			10.000.000
			198.196.000

Donc en 1922, l'industrie de l'électro-métallurgie a donné pour environ 200 millions de francs de produits. En tenant compte de la crise qui a frappé plus durement encore la métallurgie que la chimie, nous pouvons estimer à 300 millions les produits bruts fabriqués par année moyenne. Au total l'électro-chimie et l'électro-métallurgie produisent donc 450.000.000 de produits bruts par an.

DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

Energie initiale

Comme nous l'avons indiqué dans notre avant-propos, nous allons nous efforcer dans ce chapitre d'étudier le prix de revient de l'énergie initiale, réservant pour le chapitre suivant l'étude du prix de transformation de cette énergie et le rendement dont est entachée cette transformation.

L'énergie employée actuellement dans l'industrie provient de deux sources :

a) Du charbon, qui par sa combustion donne de l'énergie thermique se transformant au moyen de la vapeur en énergie mécanique puis électrique.

b) De l'eau, qui dévalant de la source du cours d'eau vers la mer, perd une énergie potentielle que

l'on récupère par le moyen des turbines, les dynamos transforment l'énergie mécanique fourni par celles-ci en énergie électrique.

Lorsque l'on veut avoir une idée du prix de l'énergie initiale pour le charbon, il faut tout de suite faire intervenir le prix d'achat de ce charbon. Celui-ci est du reste très variable. La guerre a fait subir aux cours des différences colossales ainsi qu'en témoigne le tableau ci-dessous, qui donne le prix moyen d'une tonne de charbon :

1913	: 20 fr. 50.
1914	: 20 fr. 50.
1915	: 31 fr.
1916	: 53 fr.
1917	: 100 fr.
1918	: 100, 80 et 60.
1919	: 60, 55, 100 et 110.
1920	: 230, 330, 300 et 130.
1921	: 81 fr.
1922	: 74 fr.
1923	: 120 fr.

En voyant ces prix on serait tenté de penser que tous les avantages sont à l'énergie hydraulique qui ne coûte ou plutôt semble ne rien coûter du tout.

Il est certain qu'une chute aménagée et en bon

état ne nécessite pour son entretien qu'une dépense infime au kilowatt-heure. Mais si l'on étudie le prix de l'installation de cette chute on verra qu'il a fallu avant la mise en marche de l'usine, faire l'aménagement hydraulique complet et investir de ce fait un capital considérable avant que l'on ne soit à même d'apprécier le bénéfice qu'on pourra en retirer. Une centrale thermique, elle aussi, comporte des frais de premier établissement mais d'abord ils sont beaucoup moindres, ensuite ils peuvent se répartir dans le temps au fur et à mesure que l'usine s'agrandit. La chute, si elle est installée pour une puissance donnée, ne pourra en fournir une plus grande qu'après un remaniement complet.

Il existe donc entre deux centrales de même puissance, l'une thermique, l'autre hydraulique, une différence de capital à rémunérer, qui grève lourdement la seconde et si à l'heure actuelle les usines d'avant-guerre ont un prix de revient du kilowatt très faible, les usines construites pendant ou après les hostilités luttent difficilement contre les usines thermiques.

Mais avant de comparer dans le détail les prix de revient de chacune des deux sources d'énergie électrique, il convient de liquider la question du choix à faire entre l'usine hydraulique de plaine à

basse chute mais à gros débit et l'usine de montagne à grande chute, mais à faible débit.

Nous allons étudier les avantages et les inconvénients de chacune et nous aurons ensuite les éléments pour avoir une opinion. Dans les études qui suivront nous baserons, nos calculs sur les prix d'avant-guerre, il n'y a qu'à remarquer que ces chiffres indiqués sont à multiplier par le coefficient 3,5 environ, pour avoir dans le cas le plus général les prix actuels. Nous indiquerons ceux-ci entre parenthèses lorsque nous aurons pu nous les procurer.

Centrales hydrauliques

On sait qu'une même puissance peut-être développée ou bien par une grande hauteur de chute et un faible débit, ou bien par un gros débit et une faible chute, à ces deux modalités correspondent deux catégories hydro-électriques, que nous pourrions appeler les usines de montagne et les usines de plaine.

Les premières sont celles qui s'échelonnent dans les étroites vallées des massifs montagneux, le long des cours d'eau à pente rapide. Au début des applications de la houille blanche, presque toutes les usines hydro-électriques ont été des usines de ce type, mais il n'en est plus ainsi.

C'est que au fur et à mesure que se généralise l'emploi de l'électricité, les régions de plaine veulent participer à ses multiples avantages.

Deux solutions se présentent pour elles : ou bien, au moyen de lignes de transport à haute tension amener chez elles l'énergie produite dans la montagne, ou bien produire sur place cette énergie, c'est-à-dire utiliser les rivières et créer ainsi des chutes de faible hauteur mais de gros débit. Bien que, dans le premier cas, les lignes de transport de force conduisent à des frais élevés et à une certaine perte en ligne et que, dans le second cas, la construction des usines de plaine soit plus onéreuse que celle des usines de montagne, ces deux solutions ont donné l'une et l'autre des résultats économiques très satisfaisants. Le coût d'établissement et le prix du cheval-an sont en général plus élevés pour les usines de plaine que pour les usines de montagne : « L'expérience a montré que les dépenses du premier établissement par cheval, à l'usine, varient (en 1910) entre 1.000 et 2.000 francs, pour les usines de plaine et 500 francs à 1.500 francs pour les usines de montagne (1) ».

Dans le cas d'une usine de plaine, l'achat des

(1) Rapport de M. Robert PINOT, à l'exposition universelle de Bruxelles (1910).

terrains peut représenter 20 à 25 0/0 du total des frais d'établissement. Les indemnités pour dommages causés à la culture ou encore le rachat des droits d'irrigation entraînent en outre à des dépenses très élevées.

Il faut ajouter à ces frais les redevances en nature ou en espèces et les servitudes que l'administration peut exiger et qui sont particulièrement importantes dans le cas où les cours d'eau alimentaient auparavant de nombreuses agglomérations.

Enfin, il faut tenir compte de ce que la faible hauteur de chute exige un débit élevé : on est donc conduit à utiliser des groupes générateurs de grandes dimensions et par suite très chers.

Dans le cas d'une usine de montagne, l'aménagement n'exige en général que l'acquisition des droits de riveraineté sur des rivières non navigables ni flottables. La principale cause d'élévation des dépenses tient dans la difficulté d'effectuer des travaux dans des régions accidentées et mal desservies.

Tout compte fait, le prix de revient du cheval installé y est notablement moins élevé que dans les usines de plaine, et ce sont elles qui ont permis en fournissant l'énergie à un prix excessivement bas, le développement rapide de certaines branches de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie.

L'avantage des usines de montagne disparaît au contraire pour les industries où le prix du transport de la matière première et des produits élève le prix de revient jusqu'à compenser l'économie réalisée sur le prix de l'énergie.

Il devient dans ce cas, comme nous l'avons dit plus haut, plus avantageux d'installer la centrale seule en montagne et de transporter l'énergie à l'usine construite dans la plaine.

La question usines de montagne ou usines de plaine est donc une question uniquement d'espèce et seule une étude approfondie des prix de revient dans chaque cas pourra indiquer la solution à prendre.

En tout cas, comme on le voit, les prix des installations hydrauliques peuvent se comparer entre elles, et nous allons partir de cette remarque pour étudier et comparer la production de l'électricité par une centrale hydraulique ou par une centrale thermique.

Prix de revient du HP hydraulique

Les frais du premier établissement sont assurément influencés d'une façon prédominante par des sujétions locales de toutes sortes qui ne semblent pas

au premier abord, se prêter à des généralités. Néanmoins, on peut dégager par une comparaison attentive et raisonnée des conditions si variées qui se présentent, quelques remarques générales instructives.

La base unitaire est le cheval hydraulique ou HP de 75 kilogrammètres mesuré sur l'arbre des turbines. En tenant compte du rendement habituel des turbines, ce cheval correspond à 100 kilogrammètres en eau tombée de la chute, c'est-à-dire qu'une puissance de 1.000 HP peut être obtenue par la chute pendant une seconde, soit de 200 litres d'eau tombant de 500 mètres, soit de 40 m³ tombant de 2 m. 50. C'est en effet dans la proportion de 1 à 200, que peuvent varier pratiquement les hauteurs de chutes et inversement les consommations d'eau des installations hydrauliques. D'autre part, les forces hydrauliques peuvent être aménagées par petites fractions, comme cela avait lieu jadis, ou par masses puissantes, comme on le fait actuellement ; sur ce point, plus encore que sur le précédent, les écarts de la pratique sont énormes.

Or, d'une façon générale, et toutes choses égales d'ailleurs, le cheval hydraulique coûtera d'autant moins à aménager et à transporter : 1° qu'il sera dû à une chute plus élevée ; 2° qu'il sera produit en plus grande quantité à la fois.

La première loi est basée sur des raisons techniques qui sont exactement du même ordre que celles qui rendent si avantageux dans le domaine électrique, l'emploi des courants de haut voltage ; la dépense des canalisations de toutes sortes et celle des turbines décroissent évidemment avec la quantité d'eau à employer, c'est-à-dire pour une même puissance en raison directe de la hauteur de chute utilisée. La deuxième loi, constitue un phénomène économique tellement universel et si connu qu'il n'y a guère lieu d'insister.

Si les circonstances locales étaient favorables, les frais de premier établissement pour les hautes chutes pouvaient avant-guerre ne pas dépasser 300 fr. par HP alors qu'ils ont dans d'autres cas dépassé 1.000 fr. (à l'heure actuelle ils ont dépassé 4.000 fr.). Quant aux frais de grosses réparations et d'entretien d'une installation hydraulique, ils sont encore moins connus puisque l'expérience manque. En général on admet qu'ils sont proportionnels aux frais de premier établissement ; rapportés à la base unitaire du cheval, ils seront donc d'autant plus réduits que la chute est plus élevée et que la puissance est engendrée par une masse plus grande.

Pour sortir des généralités voici les chiffres

donnés en 1900 par M. Dusaughey (2), ingénieur-directeur de la Société d'énergie électrique de Grenoble, en établissant dans tous ses détails le projet d'une usine hydraulique de 8.000 à 10.000 HP. L'usine est supposée située dans les environs de Grenoble et des devis sont établis d'après les prix du pays (2).

M. Dusaughey suppose une usine hydraulique produisant sous une chute de 200 mètres de hauteur 8.800 HP avec le débit moyen de 4.000 litres et 6.000 litres et le débit minimum de 2.700 litres. Il évalue les dépenses hydrauliques : canalisation, conduite forcée, usine et turbine à 1.580.000 francs, ce qui fait 174 francs le HP moyen et 255 francs par HP minimum. Ces conditions n'avaient rien d'extraordinaire à l'époque, mais étaient très variables dans tous les cas.

En adoptant pour intérêt et amortissement un taux variant suivant les différentes parties de l'installation de 6 à 14 o/o et pour l'entretien et la surveillance un taux de 3 à 5 o/o M. Dusaughey arrive pour le prix de revient du HP aux chiffres suivants

(2) Evaluation des prix de revient et de vente de l'énergie captée aux chutes d'eau des Alpes Dauphinoises par M. Dusaughey (imprimerie Baratier, à Grenoble, 1900).

(3) Nous rappelons que nous donnons des chiffres d'avant-guerre et que pour avoir des valeurs actuelles, il faut multiplier ces données par le coefficient 4.

légèrement arrondis et dont il y a lieu de noter la progression correspondant aux transformations successives de l'énergie.

HP continu mesuré sur l'arbre des turbines : 20 à 30 fr. par an (20 pour HP moyen ; 30 pour HP minimum).

HP électrique à 20.000 volts pris à l'usine : 40 à 60 fr. par an.

HP électrique transporté à 60 km. livré après transformation sous une tension de 225 volts, 120 fr.

Le transport est établi pour la puissance minimum régulière seulement avec perte de 28 o/o. Si la distance du transport était portée de 60 à 160 km., les tableaux fournis par M. Blondel permettraient d'évaluer, très grossièrement, la dépense supplémentaire de 500 fr. par cheval environ et l'augmentation du HP an à 60 fr., ce qui porterait son prix total à 180 fr.

Cette progression est très simple. On part du prix de revient du HP électrique en montagne et on lui suppose la valeur moyenne courante de 20 à 30 fr. La transformation électrique sur place va doubler ce prix qui atteindra pour le HP an 40 à 60 fr., le transport à 60 km. le quadruplera (120 fr.) le transport à 160 km. le sextuplera (180 fr.). Avec ces chiffres nous avons tout ce qu'il nous faut pour comparer le

prix de revient du HP hydro-électrique avec celui du HP thermique. Nous pouvons facilement au moyen de notre coefficient avoir la valeur du kilowatt-heure, actuellement il ressort à 0 fr. 024.

*Prix de revient du kilowatt-heure électrique
dans une centrale thermique*

Nous entreprenons là une étude difficile et pleine de dangers. Le coût de production varie énormément avec deux facteurs :

La construction d'une centrale électrique unique à grande puissance présente sur les dispositions des usines multiples, l'avantage de réduire au minimum les frais de premier établissement, pour une même puissance totale, la superficie des bâtiments et travaux de génie civil sont bien moins onéreux que pour un ensemble de plusieurs usines.

D'autre part, grâce à ce que les services similaires qui seraient nécessaires dans chaque usine se trouvent groupés en un seul, les frais d'exploitation sont considérablement réduits. Pour la super-centrale de Gennevilliers on arrive à un prix de revient du kilowatt installé comparable à celui d'avant-guerre, soit 600 fr. Lorsque l'usine fonctionnera à pleine puissance, on arrivera à un prix de revient de

530 fr. le kilowatt installé, prix inférieur à celui d'avant-guerre.

Une autre raison de diminution de prix de l'énergie électro-thermique, est la meilleure utilisation le long de la journée de cette énergie. Au début de leur création, les centrales électriques desservaient surtout des réseaux d'éclairage. Elles étaient inactives pendant les trois quarts du temps, travaillaient à faible charge que pendant un nombre très restreint d'heures. Dans ces conditions, on voit que le prix de revient du kilowatt-heure rendu chez l'abonné se composait surtout de frais d'intérêt et d'amortissement, de salaires au personnel, de frais généraux et autres ; le coût du combustible n'intervenait que pour un faible pourcentage et une réduction même sensible de celui-ci n'aurait influé que très peu sur le prix de revient total. Cependant, au fur et à mesure que le débit annuel des centrales croissait en fonction de leur puissance, l'importance des frais de productions augmentait. Dans bien des exploitations il est devenu prépondérant et cette prépondérance se marquera de plus en plus nettement quand se généraliseront les super-centrales.

M. Scoumann dans la « Revue générale d'électricité » de décembre 1920, cite le cas d'une usine où par suite de circonstances locales, le facteur de char-

gè est déjà fort voisin de l'unité et où le prix du combustible brûlé par kilowatt-heure vendu, atteint jusqu'à 65 o/o du prix de vente. On comprendra cette chasse à la calorie qui se produit à l'heure actuelle dans toutes les centrales thermiques et dont le meilleur résultat est d'accroître le rendement calorifique leur résultat est d'accroître le rendement calorifique du charbon. En consultant le tableau ci-1922, on se rendra compte en étudiant la dernière colonne de l'avantage considérable que l'on a à augmenter la puissance des unités et la progression de cette augmentation depuis 1903 :

ANNEES	Production maximum en Kilowatt	Rendement thermique en 0/0
1903	6.000	10,1
1908	14.000	15
1913	20.000	18
1916	20.000	18,5
1917-18	30.000	21,5

Enfin, dans une étude de production d'électricité au moyen de la chaleur, il ne faut pas penser qu'au charbon comme producteur de la chaleur ou qu'à la vapeur comme intermédiaire.

La science thermique tend à utiliser les combustibles pauvres : la tourbe, les lignites et même les gadoues des grandes villes, tout est bon pourvu qu'il

y ait dégagement de chaleur. Et naturellement les prix considérablement moindres de ces combustibles pauvres font baisser les prix de production du kilowatt. Mais pour fonder une usine utilisant un tel combustible, nous sommes forcément limités dans le choix de l'emplacement. Les frais de transport grevant dans des conditions particulièrement fortes ces combustibles à faible pouvoir calorifique sous un tonnage assez élevé, de sorte que la centrale électrique ne pourra s'établir que sur les points de production de ces combustibles et nous retrouvons là un des désavantages de la houille blanche qui localise absolument le lieu de production de l'énergie, celle-ci voyant son prix de revient augmenter d'une façon considérable si on doit l'employer à quelque distance par suite du prix du transport de force.

Une autre source d'électricité provenant du charbon, mais par une voie indirecte est l'utilisation du gaz des hauts fourneaux dans des moteurs à gaz commandant une dynamo. Cette source d'énergie est particulièrement intéressante pour plusieurs raisons :

1° Le rendement thermique du gaz employé de cette façon est un des meilleurs des différentes utilisations qui en ont été faites : il arrive à 82 o/o.

2° La production de l'énergie électrique est par-

ticulièrement intéressante dans les usines de hauts fourneaux qui ont toujours comme annexe des installations de purifications de fontes, de fabrication de fontes spéciales ou d'aciers super-affiné pour lesquels l'emploi du four électrique est obligatoire.

Sauf dans ces deux derniers cas, la centrale thermique ne peut lutter avec la centrale hydraulique. La Société Thomson Houston, dans un bulletin qu'elle a fait paraître l'année dernière, disait à ce sujet : « Les avantages économiques des usines « hydro-électriques par rapport aux centrales ther- « miques sont aujourd'hui incontestés : production « indéfinie d'énergie une fois l'aménagement fait, « prolongation des ressources mondiales de charbon, « économie de main-d'œuvre... Le travail annuel « d'un ouvrier correspond en moyenne à l'aménage- « ment de 10 chevaux. Cette puissance sera suscep- « tible de procurer une économie annuelle de char- « bon de 75 tonnes environ, c'est-à-dire une quantité « correspondante à 1/3 ou 1/4 de l'extraction an- « nuelle par tête d'ouvrier mineur.

« Il s'ensuit que si l'on considère le seul côté « d'utilisation naturelle de la main-d'œuvre, le tra- « vail prolongé durant trois ou quatre ans d'un ou- « vrier consacré à l'aménagement des chutes d'eau

« donnera le même résultat que le travail indéfini
« d'un ouvrier attaché à une exploitation minière ».

Est-ce à dire que la centrale hydraulique éliminera la centrale thermique dans un avenir plus ou moins rapproché ?

Nous croyons que la question posée de cette façon est mal posée. De même que l'usine de montagne et l'usine de plaine n'étaient pas concurrentes, mais au contraire, devaient se considérer comme solidaires l'une de l'autre, de même la centrale thermique et la centrale hydraulique, doivent se considérer comme des associés et nous allons le prouver.

L'abondance, le rendement, la facilité d'emploi de ces deux sources d'énergie, sont des données qui varient d'une région à l'autre. Et c'est en se plaçant sur le terrain géographique que l'on a le plus de chances de pouvoir juger équitablement dans quelle mesure elles font pencher la balance en faveur de l'une ou de l'autre des deux sources d'énergie.

Nous sommes en effet obligés de considérer l'usine productive d'électricité comme une génératrice alimentant différents genres de consommations. Ainsi que nous le verrons en effet, l'électro-chimie ne pourra arriver à subsister qu'à condition d'employer la force non utilisée par des contrats de vente de force ou de lumière dans le pays.

Nous allons donc étudier les avantages du charbon, de l'eau employés comme source d'énergie.

Quelle est la plus abondante des deux ? S'il s'agit de l'énergie aménagée et utilisée, la plus abondante est, sans contestation possible, celle que fournit le charbon de mine, exploité intensivement depuis 150 ans, alors que la houille blanche est une nouvelle venue. Avant la guerre, la production mondiale du charbon de mine s'élevait de 1.200 à 1.400 millions de tonnes. Or, l'ensemble des usines hydro-électriques actuellement aménagées fournit environ 12 millions de chevaux moyens, soit 104 milliards de chevaux-heures par an. Si on admet qu'un cheval-heure fait le même travail qu'un kilogramme de charbon par an (ce qui est un minimum), on obtient, comme équivalent à l'énergie électrique des usines aménagées, 104.000.000 tonnes de charbon consommé annuellement. L'énergie moyenne de toutes les chutes d'eau actuellement aménagées représente donc à peine le douzième de l'énergie produite par le charbon, ce qui est relativement peu.

Si, maintenant l'on considère l'énergie disponible la situation n'est pas la même. Il est vrai que nous manquons encore de données précises sur les ressources mondiales en houille blanche. Seuls un petit nombre de pays, en Europe et en Amérique, ont fait

l'inventaire de leurs forces hydrauliques, et encore leurs évaluations, avons-nous vu, sont-elles provisoires. Pourtant si on fait la totalisation des chiffres donnés par ces pays on atteint un contingent d'énergie électrique de 138 millions de HP, l'équivalent de 1.200 millions de tonnes, de charbon, presque la production houillère totale du globe.

Or, d'immenses régions restent en dehors de cette évaluation. Il est vrai d'autre part, que nous ne connaissons pas encore toutes nos richesses en charbon, mais tandis que l'exploitation du premier épuise les gisements, la houille blanche au contraire est une source d'énergie constamment renouvelée et pratiquement inépuisable.

Ainsi on peut dire que si l'homme aménageait un jour toutes les forces hydrauliques à la surface du globe, il obtiendrait une somme d'énergie supérieure à celle qu'il obtient actuellement avec ses usines de charbon. Seulement la répartition de chacune des deux sources d'énergie varie avec les diverses régions du globe. Il est des régions qui sont du domaine de la houille blanche, d'autres qui sont du domaine de la houille noire.

La même conclusion s'impose en ce qui concerne le prix respectif de l'une et de l'autre. Chacun sait que le rendement utile d'une machine à vapeur est

extrêmement faible. Dans certains générateurs, le gaspillage varie entre 80 et 90 pour 100. Avec un moteur de rendement moyen, on estime que pour obtenir une énergie de 1 cheval-heure, il faut 1 kilo de charbon. Avant la guerre on supposait que le charbon d'industrie coûtait 40 fr. la tonne, le cheval-heure revenait sur place à 0,04, prix minimum. Le plus souvent, il s'élevait à 0 fr. 10, 0 fr. 12. Or, le prix de revient du courant électrique pris aux bornes des alternateurs dans les usines hydro-électriques dépassait rarement 0 fr. 04 le cheval-heure et s'abaissait fréquemment au-dessous de 0 fr. 01.

Ainsi on pouvait, dans les années qui ont précédé la guerre, considérer l'énergie hydro-électrique. Mais ce n'était vrai que pour les pays riches en chutes d'eau et pauvres en charbon, ou tout au moins, pour ceux qui possédaient concurremment les deux sources d'énergie. Encore, l'écart entre leurs prix respectifs variait-il avec les régions et les moments. Suivant que le charbon était plus ou moins facile à extraire ou à transporter, ou, inversement, suivant que l'on se rapprochait des régions des chutes d'eau ou que l'on s'en éloignait, suivant que le prix de construction des usines et l'aménagement des réseaux s'élevait ou s'abaissait, la turbine hydraulique l'em-

portait sur la machine à vapeur, ou était efficacement concurrencée par elle.

Il nous reste à considérer la question du transport des deux forces, c'est-à-dire du courant ou du charbon. Les partisans de la houille blanche considèrent que, sur ce terrain, tout au moins, le combustible minéral ne peut entrer en concurrence, avec sa rivale, dont la facilité de transport est le plus essentiel avantage. Cependant, là encore il faut s'entendre.

La mobilité de la houille blanche n'est vraie que si on la considère comme transformée en énergie électrique. On ne peut pas transporter une chute d'un point à un autre d'un territoire. De même la propriété de se diviser et de se détailler est commune à l'énergie produite par la houille blanche aussi bien que par la houille noire.

Trop souvent on a confondu « houille blanche » et « énergie électrique », il en résulte dans les comparaisons que l'on fait des conclusions injustifiées. L'énergie concurrente du charbon ce n'est pas l'énergie électrique, mais l'énergie hydro-électrique, et celle-là n'est pas d'un transport plus facile que l'autre : on pourrait seulement dire qu'elle est plus répartie sur la surface du globe.

De notre étude ci-dessus, il résulte qu'il est en

réalité impossible, nous ajouterons même inutile d'ouvrir un débat théorique et abstrait sur les mérites respectifs de la houille blanche et de la houille noire, qu'il s'agisse de leur abondance, de leur rendement, de la facilité que l'on a de les mettre à la disposition du marché, les chances qu'elles ont respectivement de l'emporter sur leur rivale, sont essentiellement différentes d'une région à l'autre. Nous ne pouvons mieux résumer qu'en citant les paroles de M. Tavernier, qui dans son livre « L'utilisation des chutes d'eau dans les Alpes françaises » a étudié très complètement cette question.

« Une telle surabondance de forces hydrauliques est-elle de nature à effrayer pour l'avenir des houllères ? On peut aisément arriver à se convaincre que, non seulement il y en a aucune crainte à avoir sur ce point, mais que toutes nos industries sans exception, seront appelées à bénéficier dans la plus large mesure de l'essor industriel colossal qui suivra l'aménagement de nos forces hydrauliques. L'éclairage électrique qui devait tuer le gaz, n'a fait autre chose que de développer ses positions. Le fait est surtout frappant à Lyon, et dans les grandes villes du nord de l'Italie, où arrive à profusion l'énergie hydro-électrique. »

En ce qui concerne les machines à vapeur, nous

avons constaté précédemment qu'on leur fait jouer simplement, vis à vis de la puissance hydraulique, partout où elle rayonne, le rôle de machines auxiliaires et qu'elles suppléent où elle ne peut pas atteindre.

« Aux esprits positifs : qu'ils compulsent les
« statistiques, ils verront que, dans les pays les plus
« avancés au point de vue de l'aménagement des
« forces hydrauliques, la Suisse et l'Italie, la progression des importations de houille n'a pas fléchi,
« il en est de même chez nous, pour la consommation des départements de l'Isère et de la Savoie (4). »

(4) M. TAVERNIER, Op. Cit.

CHAPITRE II

Transformation de l'énergie

Nous avons étudié dans le chapitre précédent le prix de revient de l'énergie initiale, il nous reste à regarder maintenant les prix de transformation de cette énergie ainsi que le rendement dont est affectée cette transformation.

On a pu dire que l'industrie est basée essentiellement sur la transformation économique d'une forme de l'énergie en une autre forme. Il n'est pas possible en effet, de convertir intégralement une énergie donnée en une autre énergie. Il y en a toujours une partie qui se dissipe, en chaleur ou autrement, mais qui en tout cas n'est pas utilisée et constitue une perte sèche. Ce qu'il y a donc d'intéressant pour l'industriel c'est le procédé qui, autant que faire se pourra, diminuera les possibilités de pertes.

Lorsqu'on étudie avec attention les transforma-

tions possibles de l'énergie, on ne peut manquer d'être surpris de la facilité avec laquelle l'électricité la dernière venue parmi ses différentes formes, se prête à toutes les exigences de la science et de l'industrie. Plus que toute autre en effet, elle se convertit admirablement en chaleur, en travail ou énergie mécanique, et en énergie chimique, pour combiner ou décomposer des corps. Mais ce qu'il y a d'intéressant, au point de vue qui nous occupe, c'est le rendement presque parfait obtenu dans la plupart des cas, en prenant comme point de départ l'énergie électrique. Avec la machine à vapeur, les lois physiques qui régissent la transformation de l'énergie calorifique ne peuvent nous laisser espérer, même dans le cas d'une machine parfaite, qu'un rendement très faible. Avec la dynamo au contraire, nous arrivons à des rendements approchant de très près l'unité.

Pour pouvoir transformer de façon parfaite l'énergie première du charbon, c'est-à-dire celle qui provient de sa matière même, en énergie électrique, il nous faudrait effectuer cette transformation sans passer par l'énergie calorifique et mécanique, mais aller directement de l'énergie du charbon à l'énergie électrique.

Comme l'a dit d'une façon très heureuse M. Paul

Janit, cela n'a rien qui doive nous surprendre, et nous pouvons déjà prévoir l'époque à laquelle nous arriverons à de si utiles résultats :

« Le jour où l'on aura découvert un moyen
« pratique de transformer directement l'énergie
« chimique du charbon en énergie électrique, sans
« passer par l'intermédiaire de la chaleur, ou éner-
« gie thermique, c'est-à-dire : où l'on saura brûler
« du charbon sans produire de chaleur, ce jour là
« la machine à vapeur disparaîtra. Il n'y a aucune
« impossibilité théorique à ce problème. »

Cette déclaration de M. Paul Janit date déjà d'une vingtaine d'années et depuis on a étudié et réalisé des moyens d'augmenter le rendement, mais toujours en passant par le stade énergie thermique. Nous avons comparé le prix de revient de l'énergie électro-hydraulique, mais ce que nous allons constater dans ce chapitre, c'est que même en partant du charbon, il vaut souvent mieux passer par l'énergie électrique pour obtenir des réactions chimiques, car cela donne non seulement un bénéfice net mais cela permet de résoudre des problèmes qui seraient insolubles autrement.

Puisque, comme nous l'avons dit dans notre avant-propos : « L'industrie est basée essentiellement sur une transformation économique d'énergie », ce

qu'il importe d'étudier ici, c'est le coefficient d'exploitation, c'est-à-dire : le rapport entre la quantité d'énergie obtenue et la quantité d'énergie fournie, remarquons que ce coefficient ne sera jamais égal à l'unité, mais qu'il y a intérêt à ce qu'il s'en rapproche le plus. Or, chacune de nos transformations d'énergie donne un certain coefficient et c'est le produit de ces différents termes qui nous donnera le coefficient général de l'exploitation ; tout d'abord, une remarque s'impose ; soit a , b , c , d ; les coefficients respectifs de transformation de l'énergie-charbon en énergie-chaleur, de l'énergie chaleur en énergie mécanique, de l'énergie mécanique en énergie électrique, de l'énergie électrique en énergie produit. Comme tous ces coefficients sont inférieurs à l'unité, il semblerait à première vue que le passage par l'énergie électrique ne peut que donner un coefficient général inférieur. On aura toujours en effet : $a \times b \times c \times d < a \times b \times d$.

Mais le problème est ainsi mal posé, car il suppose des coefficients constants ; or le passage de l'énergie-chaleur à l'énergie mécanique comporte un rendement très variable avec le perfectionnement de l'installation et surtout avec son importance. L'accroissement de celle-ci diminue tellement le prix de revient par l'emploi de plus fortes unités, qu'il est

souvent plus économique de produire l'énergie électrique en quantité notablement supérieure aux besoins de l'usine et de vendre cette électricité à l'extérieur; le bénéfice tiré de cette vente diminue notablement et quelquefois ramène à zéro le coût de l'énergie employée dans l'usine. Nous voyons donc que le rendement énergétique d'une installation ne s'abaisse pas forcément quand le nombre des transformations croît.

Il est un facteur plus important et plus variable que le nombre des coefficients d'exploitations, facteur aussi sur lequel le progrès aura plus d'influence, c'est la valeur de chacun de ces coefficients. Supposons en effet, l'un des coefficients très petit, un centième par exemple, le procédé risque fort d'être sans valeur pratique quelque voisin de l'unité que puissent être les autres. Un procédé n'est donc suffisamment perfectionné que lorsqu'aucun de ses coefficients n'a une valeur anormalement basse. En contrôlant séparément la valeur de chacun d'eux, on reconnaît quelle est l'opération qui demande à être perfectionnée. Supposons que l'on parvienne à porter de un centième à deux centièmes par exemple, la valeur du coefficient ci-dessus, on doublera le rendement et il est possible qu'un procédé précédemment inapplicable devienne de la sorte indus-

triel, tandis que si l'on porte un coefficient de 0,9 à 0,91 par exemple, on n'aura qu'un accroissement de rendement insignifiant.

Avant de chercher à améliorer les rendements des diverses transformations, il importe bien entendu de produire l'énergie primitive à aussi bon marché que possible ; on partira donc d'une énergie brute la plus économique et on s'attachera à faire des économies sur toutes les formes intermédiaires qui sont en jeu dans les machines, les appareils, les matières servant à réaliser les transformations, et sur les forces humaines qu'on emploie dans ce but. Toutes ces énergies ont une valeur déterminée, variable avec le temps, et le problème consiste à conduire les opérations de telle manière que la dépense totale pour l'unité d'énergie désirée soit aussi petite que possible.

Pour transformer l'énergie latente contenue dans le combustible en énergie électrique, il faut, en effet, passer par plusieurs stades intermédiaires : gaz de combustion, vapeur, énergie mécanique — à chacun de ces passages il y a déchet de calories, parfois très important, puisque le rendement thermique final est de l'ordre de 10 à 12 0/0. De plus, il y a pour chacune de ces transformations dépense de production et charges financières, de sorte que

le prix de la calorie augmente au fur et à mesure que l'on se rapproche du stade final.

« C'est ainsi que si l'on considère une centrale
« de 50.000 kilowatt, on peut attribuer les valeurs
« relatives suivantes à une calorie en différents
« points du circuit ?

« A l'arrivée du charbon.....	1,0
« A l'entrée des grilles.....	1,1
« Dans la vapeur sortant des chaudières....	2,3
« Aux bornes des générateurs électriques....	19,5
« le calcul est fait en admettant un prix de 100 fr.	
« la tonne comme valeur du charbon à 7.000 calo-	
« ries, un rendement de 80 o/o pour les chaudières	
« et en supposant qu'il est fait usage de bonnes	
« turbines à vapeur » (1).	

Evidemment un pareil problème ne comporte pas de solution générale, mais seulement des solutions particulières, qui varient avec les valeurs relatives d'énergie mise en jeu. Telle énergie peut d'ailleurs être d'un prix trop élevé pour que le problème soit soluble. Aussi tant que le prix de l'énergie électrique resta élevé, les industries électro-chi-

(1) Rapport de la 1^{re} sous-commission de la commission nommée 1919 par le Ministre des travaux publics pour étudier l'utilisation rationnelle du combustible.

miques demandant de grandes quantités de cette énergie ne purent se développer.

Ceci posé, l'électricité joue trois rôles différents dans ses emplois industriels, elle est :

- 1° Un agent de dissociation dans l'électrolyse ;
- 2° Un agent calorifique dans le four électrique ;
- 3° Un agent de synthèse sous la forme de décharges électriques.

Nous étudierons successivement l'économie de ces trois rôles.

L'électricité agent de dissociation

En introduisant dans la grande industrie chimique, comme on l'a fait depuis le commencement du siècle les procédés électro-chimiques, on n'a presque jamais réalisé des progrès scientifiques fondamentaux et le but atteint a presque toujours été de limiter les pertes d'énergie. Des questions tout à fait secondaires au point de vue de la science pure peuvent en effet être un influent, comme nous l'avons dit plus haut, sur le rendement du procédé être vitales quand il s'agit de la fabrication industrielle d'un produit chimique.

Ainsi à première vue il semble qu'il doive être peu avantageux pour l'industrie chimique de faire

usage de l'énergie électrique, du moins, lorsque l'on produit celle-ci à l'aide du charbon et que chacune des transformations nécessaires comporte des pertes. Nous allons examiner cette question.

Pour effectuer une opération donnée, il faut théoriquement une quantité bien déterminée d'énergie. Supposons qu'il s'agisse de la décomposition du sel marin en soude et acide chlorhydrique, décomposition qui constitue une des opérations les plus importantes de la chimie industrielle.

Si l'on calcule la quantité d'énergie théoriquement nécessaire pour décomposer le sel marin en soude et en acide chlorhydrique et que l'on compare cette quantité à celle qu'on dépense en réalité quand on effectue cette décomposition au moyen d'un procédé tel que le procédé Leblanc ou le procédé Solvay, on fait une constatation inattendue.

On constate que la dépense réelle d'énergie est hors de proportion avec la dépense théorique. Neuf dixièmes au moins de l'énergie consommée sont absorbés par des processus tels que déperditions de chaleurs, etc..., qui ne servent pas à atteindre le but poursuivi. La dépense théorique d'énergie est donc aujourd'hui encore, une fraction minime de la dépense collective, parce que l'opération réelle est loin d'avoir atteint la perfection de l'opération théorique.

Voyons ce qu'il en est quand on emploie, dans la même fabrication l'énergie électrique. La conversion de l'énergie chimique de la houille en énergie mécanique entraîne une perte de $2/3$ (2) au moins ; celle de l'énergie mécanique en énergie électrique, une perte de $1/10$ seulement. L'énergie électrique ainsi produite est ensuite convertie en énergie chimique de la forme désirée par l'électrolyse d'une solution de sel marin. Admettons que cette opération fournisse une quantité de cette dernière énergie qui soit la moitié seulement de la quantité théorique. Le rendement sera : $1/3 \times 9/10 \times 1/2$, c'est-à-dire de plus de $1/7$; ce rendement est notablement supérieur à celui que donnent les procédés examinés précédemment, qui n'est que de $1/10$ on l'a vu.

Nous n'avons étudié dans ce cas l'avantage de l'électricité en chimie qu'au seul point de vue de sa production par le charbon. Si elle est produite par la force hydraulique le même raisonnement se fait à condition que le prix de revient du kilowatt hydraulique soit inférieur ou tout au plus égal à celui du kilowatt thermique. Nous avons vu déjà la comparaison de ces prix de revient, nous n'y reviendrons pas.

D'autre part, certaines fabrications métallurgi-

(2) Ces chiffres sont ceux donnés par M. Ostwald dans son livre sur « L'Evolution de l'Electro-chimie ».

ques comme celle de l'aluminium et du magnésium ont un caractère spécifiquement électro-chimique, car ces métaux ne peuvent pas être obtenus par un procédé purement chimique. Pour extraire les métaux de leurs sels ou de leurs oxydes, on se sert du carbone. Or, les oxydes d'aluminium et de magnésium ont une telle stabilité qu'ils ne sont pas décomposés par le carbone, du moins aux températures que l'on peut atteindre dans l'industrie. Les électrodes de charbon qu'on plonge dans un bain de composés d'aluminium en fusion ne suffisent pas à les décomposer ; pour en déterminer la décomposition, il faut en outre faire intervenir la force de dissociation de ce fluide merveilleux qu'est l'électricité ; c'est grâce à ce pouvoir de dissociation que l'aluminium et le magnésium peuvent être produits. Et l'on a vu dans un chapitre précédent le rôle important que ces métaux jouent actuellement dans l'industrie.

Pour d'autres métaux encore, le raffinage est dû aux propriétés de dissociation de l'électricité. Par exemple la plus grande partie du cuivre consommé dans le monde est aujourd'hui raffiné électrolytiquement (75 à 80 o/o) et sa teneur atteint 99,9 o/o. Le raffinage permet en outre de récupérer les métaux précieux qui lui sont souvent associés, c'est-à-dire l'or, l'argent, le platine, le palladium, le sélénium, le tellure.

Le zinc ordinaire contient toujours 1 à 1,25 o/o de plomb et 0.08 de fer. Le zinc électrolytique peut être obtenu à 99,8 o/o et depuis cinq ans seulement que la méthode a été mise au point, des usines ont été construites capables d'en produire 150.000 tonnes par an, c'est-à-dire l'importance économique du procédé.

Enfin pour d'autres métaux le raffinage est dû aux deux qualités de l'électricité. Les emplois de l'aluminium par exemple, il y a vingt ans étaient paralysés par les impuretés à la teneur de 2 ou 3 o/o que renferme ce métal. Aujourd'hui, que l'on peut l'obtenir à 99 o/o et même à 99,5 o/o toutes les difficultés du début tombent. Enfin le nickel, le plomb, l'étain et l'antimoine sont tous obtenus à l'état pur.

Grâce à l'électricité plusieurs usines produisent de même actuellement du fer électrolytique jouissant de propriétés spéciales qui le font très rechercher et que l'on n'avait jamais soupçonnées depuis plus de mille ans que l'on emploie ce métal.

Mais on ne peut pas toujours isoler complètement l'électricité employée comme agent de dissociation de l'électricité employée comme source de chaleur. Elle agit quelquefois par ces deux moyens et c'est ce qui a lieu dans la purification des métaux.

Ce résultat est si important que notre époque a pu être appelée : « L'âge des métaux purs ».

Lorsque, en effet, on étudie l'évolution des procédés employés pour la fabrication des métaux, on constate que chaque progrès est caractérisé par l'obtention de métaux de plus en plus purs. Au fur et à mesure que les métallurgistes deviennent plus habiles, le métal qu'ils fabriquent laisse de plus en plus ses impuretés dans la scorie, abandonne son caractère d'alliage, prend sa véritable personnalité et acquiert les qualités particulières que longtemps dérobaient à notre connaissance les divers corps simples ou composés, qu'il entraînait à sa suite, fussent-ils même en très faibles pourcentages.

Le progrès a donc consisté à épurer les métaux, mais il est des limites dans cette voie que la métallurgie n'aurait jamais franchies, industriellement du moins, sans le secours des méthodes électro-chimiques.

L'électricité seule a réalisé ce que ni les réducteurs, ni les dissolvants, ni même certaines fois la chaleur n'avaient obtenu, c'est-à-dire le métal pur et l'importance de celui-ci est considérable.

Ce serait peut-être le moment d'étudier la force des préjugés chez le consommateur. Les métaux purs actuellement plus chers que les autres. Les consom-

mateurs de métaux habitués de longue date aux marques commerciales ordinaires, ne comprennent pas tous les avantages d'employer des métaux plus purs. Ils ont leur préjugé, leurs habitudes et disons le mot, leur routine, qui leur fait donner leur préférence à des qualités de métal meilleur marché.

La véritable raison semble bien être la question de prix : les essais physiques et chimiques qui ont été faits confirment les qualités plus grandes de ces métaux, qualités qui doivent permettre d'améliorer et de multiplier leurs emplois.

Cela n'arrêtera du reste pas le progrès et les méthodes d'obtention des métaux, puis par l'électrochimie ont certainement le plus bel avenir devant elles. C'est pourquoi nous ne nous arrêterons pas à discuter cette mentalité des consommateurs actuels, cela nous entraînerait du reste trop loin de notre sujet.

L'Electricité agent calorifique

Si l'on peut se rendre compte assez facilement des avantages de l'électricité pour ses qualités de dissociation, combien il est encore plus facile de montrer les avantages de l'électricité sur le charbon lorsque tous deux sont considérés comme source de chaleur.

Lorsque l'on parle de chaleur obtenue par l'électricité, on voit immédiatement le four électrique et c'est en effet sous ce mode d'emploi mis au point par Moissan que nous allons étudier les avantages de l'électricité thermique.

Le four électrique. — Le four électrique appliqué à la réduction des minerais présente sur le haut fourneau des avantages considérables. D'abord l'opération s'effectue dans une enceinte fermée en dehors de toute intervention de l'air atmosphérique, on évite donc les pertes d'énergie par chauffage des gaz inertes et des produits de combustion.

On peut de plus réaliser des températures beaucoup plus élevées. C'est ainsi qu'au lieu d'être limité à 1800° environ, on peut atteindre 2500° et même 3000° ; on est arrivé non seulement à fondre, mais encore à volatiliser tous les produits connus et la seule limite pratique est celle qui correspond à la fusion des enveloppes réfractaires des fours.

D'autre part, la concentration de l'énergie est beaucoup plus grande dans le four électrique que dans les anciens appareils. La raison en est que la chaleur provenant de l'électricité est produite au sein même de la matière, sans qu'on ait besoin d'un véhicule intermédiaire tel que les gaz combustibles

du four Martin, sans même que la production de cette chaleur crée un résidu gazeux tel que celui qui résulte de toute combustion et qui, en s'échappant du four entraîne une énorme quantité de chaleur. Les seules pertes sont dues au rayonnement et à la conductibilité. Elles sont encore inférieures à celles des fours à combustion à cause des grandes surfaces rayonnantes de ceux-ci. De la sorte, il est impossible d'obtenir au four électrique un potentiel thermique considérable et d'accumuler jusqu'à 3 millions de calories par mètre cube.

Un autre avantage du four électrique résulte des considérations suivantes :

Dans la réduction électrique, la proportion de carbone est exactement celle qui correspond à la réduction du minerai, tandis que dans le haut fourneau ou dans le four à cuve, cette proportion est quadruplée ou quintuplée pour tenir compte de la quantité nécessaire au chauffage des masses. Comme d'autre part, on retrouve dans le métal, la presque totalité des impuretés du charbon, on conçoit que les fours électriques puissent fournir des fontes renfermant quatre à cinq fois moins d'impuretés que celles obtenues par les procédés habituels.

On peut d'autre part, dans le four électrique réaliser un milieu absolument neutre, c'est-à-dire sous-

traire les matières en élaboration à toute action de l'air ambiant. On peut aussi régler à son gré l'atmosphère du creuset et y introduire tel gaz que l'on veut.

On peut de plus doser à volonté la proportion des matières diverses entrant dans la composition d'une charge et obtenir une grande variété de produits. Ajoutons que l'on a pu utiliser grâce au four électrique des réducteurs nouveaux, tels que l'aluminium, le calcium, le sodium, le silicium, le manganèse. Enfin, par suite de son mode opératoire beaucoup plus concentré où le métal fondu ne circule pas en sens inverse d'un courant de gaz comme cela a lieu généralement dans les appareils métallurgiques employant du charbon, il y a beaucoup moins de gaz occlus dans le métal, ce qui donne des qualités de résistance remarquables.

Un autre avantage du four électrique, c'est sa souplesse pour son application à un grand nombre d'usages industriels. Dans une conférence qu'il fit au 22^e congrès de l'American Iron and Steel Institute, en Octobre 1922, M. John A. Mathews, président de la Crucible Steel C^o, remarque l'augmentation considérable du nombre de fours électriques dans le monde entier et il en donne les raisons suivantes :

1^o Diminution du prix de revient de la force

motrice due aux développements des installations hydro-électriques et à vapeur.

2° *Souplesse du four électrique pour son application à un grand nombre d'usages industriels.* — L'expérience a déjà montré qu'il fonctionne pour la fusion de charges froides où l'affinage de charges liquides, à la fabrication de lingots ou moulages à la fabrication de ferros alliages, carbure de calcium, etc... Il peut être employé seul ou adjoint au Bessemer, ou au four sole. Il fonctionne en allure acide ou basique. Il peut être annexé aux hauts fourneaux ou aux cubilots pour produire la fonte grise, malléable et synthétique pour moulages, etc...

3° *Qualité des produits.* — Un procédé nouveau pour pouvoir subsister, doit être plus économique ou donner des produits de meilleure qualité que ses rivaux. Or, le prix de revient de l'acier électrique est rarement moins élevé que celui du four Martin, et jamais inférieur à celui du Bessemer, donc son succès provient certainement de sa qualité. Le four électrique est en effet, une source d'acier propre qu'on commence à apprécier surtout dans la construction mécanique de précision automobile, aviation ou les caractéristiques du métal jouent un rôle très important.

Les fontes extra-pures comme celles de Suède, de Styrie, devaient leur supériorité à l'obligation où l'on était de passer par leur intermédiaire pour obtenir des aciers fins ; aujourd'hui le four électrique, grâce à des procédés de purification, qui lui sont propres, permet d'arriver au même résultat à partir des matériaux communs. Il faut donc s'attendre à voir diminuer l'exportation des fontes pures dans les pays où les frais de transport dépassent la dépense supplémentaire d'énergie électrique nécessaire pour la purification d'une fonte impure ; ceci pourra avoir des conséquences économiques importantes.

Le peraffinage des aciers Thomas et Martin, permet d'améliorer les propriétés des aciers mi-fins employés pour la guerre et la marine, comme les aciers pour le blindage et pour canons, etc... Bientôt l'acier fin sera mis, à leur très grand avantage, à la portée des industries qui jusqu'ici avaient dû se contenter d'acier beaucoup plus ordinaire par suite des prix très élevés des aciers fins. C'est là un fait nouveau dont les conséquences seront considérables dans le domaine de la construction mécanique. E. M. Matthews signale qu'à une course d'Indianapolis, il y a quelques années, la moitié des automobiles n'ont pas terminé la course, ayant cassé l'un ou l'autre de

leurs organes vitaux. L'année suivante, 9 ou 10 voitures ayant employé de l'acier électrique dans leurs parties délicates, ont toutes terminé le parcours, et le vainqueur en pilotait une. Il conclut en disant qu'une démonstration pratique semblable vaut mieux que des colonnes de figures et de chiffres sur les essais de laboratoire.

Encore une opinion d'un technicien sur les avantages du four électrique, c'est celle que M. St-Jones, Directeur de « Détroit Electric Furnace », exprime dans la conférence qu'il fit à la réunion d'automne 1920, à la Société Electro-chimique Américaine, sur l'influence du four électrique, sur la métallurgie des métaux autres que le fer.

« Ce qui caractérise, dit-il, l'emploi du four électrique dans la métallurgie de ces alliages, c'est que cet appareil ne joue pas le rôle de réducteur, mais se borne à fondre ces métaux et alliages, suivant des méthodes précises, mécaniques, contrôlables à chaque instant ». Voici les principaux avantages qu'il présente, d'après M. St-Jones, avantages qui justifient le développement extraordinaire de ses applications dans la métallurgie du cuivre et du laiton aux Etats-Unis.

1° Remplacement du fondeur expérimenté par un manœuvre qui peut ne presque rien connaître au

laiton, mais qui peut conduire le four électrique suivant des instructions, comme il pourrait conduire n'importe quelle machine semi-automatique.

2° Fusion du cuivre et du laiton de première qualité en coulée d'une tonne, soit environ dix fois le poids de la moyenne des creusets.

3° Plus complète utilisation et récupération des copeaux, perçures, tournures, limailles et déchets de métal.

4° Introduction de méthodes, chargement mécanique avec une grande économie de temps et de travail.

5° Élimination de l'oxygène, du soufre et autres éléments de l'atmosphère à laquelle le métal en fusion est exposé.

6° Contrôle plus exact de la température qui permet l'obtention presque parfaite des résultats.

7° Production d'un métal de qualité supérieure à celle qu'il était autrefois possible d'obtenir avec le creuset.

8° Réduction sensible du prix global des alliages de cuivre en comparaison avec les fours à charbon.

Tous les avantages qui sont notés par M. Matthews et M. St-Jones pour deux produits particuliers de four électrique peuvent être répétés à peu

près littéralement pour tous les autres produits et c'est pourquoi nous avons cité les opinions de ces deux grands industriels américains.

Nous allons enfin terminer cette étude des avantages du four électrique par l'étude d'un cas particulier : la comparaison de la production de la fonte et de l'acier par le charbon ou par l'électricité.

Analysons d'abord le chauffage du four Martin dont la température atteint péniblement celle de la fusion du fer et ne dépasse en aucun cas 1500° . Un décimètre cube de riblons porté à 1500° absorbe une quantité de chaleur évaluée à 2000 calories par les formules exactes de M. Pionchon ; les gaz producteurs et convoyeurs de la chaleur supposés à une température de 1800° , ne contiennent sous le même volume qu'un maximum de $2/10$ de calorie. La capacité calorifique des deux milieux est donc dans le rapport de 1 à 10.000. Les échanges calorifiques ne se faisant que par la surface, l'élévation de température est assez lente et nécessite la mise en œuvre de volumes gazeux considérables et par suite l'emploi de fours de grande capacité : mauvaises conditions au point de vue pertes par rayonnement et conductibilité. Dans le creuset les conditions sont plus défavorables encore que dans le four Martin, car les échan-

ges de température se produisent à travers des parois réfractaires assez épaisses et peu conductrices.

Dans le four électrique au contraire, il y a une possibilité de concentration d'énergie calorifique énorme dans un espace très restreint. On diminuera ainsi beaucoup les pertes par émission pour une opération effectuée à la même température. Moissan produisit par seconde près de 200.000 calories dans un volume inférieur à un litre.

Supposons un four électrique alimenté par une chute d'eau qui fournit le kilowatt-heure au prix moyen de 0 fr. 024, ce qui met les 1000 calories à 0 fr. 0288, on peut admettre pour le four électrique un rendement minimum de 50 0/0, les 1000 calories utiles reviennent donc à 0 fr. 57.

En métallurgie, d'autre part, on admet les coefficients d'utilisation suivants :

Chauffage en vase clos	12,5 0/0
Chauffage au contact de la flamme..	25 0/0
Haut fourneau	75 0/0

En acceptant pour la houille et pour le coke un pouvoir calorifique de 7.000 calories avec le prix de 100 francs et de 180 francs pour les tonnes de houille et de coke, il est facile d'établir les prix de revient

des 1000 calories utilisées dans les modes de chauffage considérés.

	Calories utilisées par kilo de combustible	Prix de revient de 1000 calories
Fusion au creuset	875	0,136
Sur sole	1750	0,057
Haut fourneau	5250	0,036
Four électrique		0,057

Pour ce qui est de l'acier : dans la fusion en vase clos la dépense en creuset est au moins égale à celle du combustible et la dépense en main-d'œuvre est supérieure à celle du four électrique. Ce dernier présente donc un avantage très net sur le premier.

Pour le four Martin, la dépense en main-d'œuvre et matières réfractaires est d'après M. Matignon, du même ordre de grandeur que pour le four électrique. Donc le remplacement du four Martin par ce dernier, sera une question d'espèce et dépendra du prix du charbon et du prix de l'énergie électrique. Enfin, pour ce qui est de la fonte, l'avantage reste pour le moment au haut fourneau, tant que l'écart entre les deux prix restera celui qui est indiqué ci-dessus.

Voici du reste les conclusions de M. Harbada :

qui a calculé que le prix de revient d'une tonne de fonte produite au four électrique peut être évaluée à 60 francs, si on admet les prix suivants par tonne de matière première :

Minerai de fer à 55 o/o	8 25
Coke	38 50
Electrodes	247 50
Chaux	11 »
Kilowatt an (H.P. an 50 francs)	67 »
Main-d'œuvre (journée)	7 50

Dans les conditions précédentes, le haut fourneau de 150 tonnes serait comparable au four électrique alors que les grands hauts-fourneaux américains produisaient la fonte plus économiquement. Il importe de remarquer en outre que le haut-fourneau exige un coke dur en morceaux d'une certaine grosseur, c'est-à-dire, du coke métallurgique, alors que le four électrique peut s'accommoder de coke ordinaire pourvu que ces charbons ne dépassent pas une certaine teneur en soufre. Avec le charbon de bois, il est nécessaire d'agglomérer en briquettes, charbon et minerai avant de les passer au four électrique. On voit donc qu'il est fort possible que le four électrique l'emporte un jour sur le haut fourneau. Pour

terminer cette étude sur les avantages de l'emploi de l'électricité dans la production du fer, nous donnerons les conclusions de MM. Hannel, Brown et Harbada, qui faisaient partie de la mission technique envoyée par le Gouvernement du Canada en Europe pour se rendre compte des avantages qu'il avait à employer l'électricité en électro-métallurgie.

1° Il n'est possible de fabriquer commercialement de la fonte à un prix pouvant concurrencer le même produit du haut fourneau qu'à la condition que l'électricité soit bon marché et le combustible cher. Quand l'électricité coûte 50 francs par H.P. an et le coke 38 fr. 50 la tonne, le coût de production est à peu près le même que dans le cas du haut fourneau moderne.

2° Dans les conditions ordinaires, là où le haut-fourneau constitue une industrie établie, le procédé électrique ne peut soutenir la concurrence, mais dans des cas spéciaux quand on dispose d'une force hydraulique largement suffisante et qu'il n'est pas facile d'obtenir le coke de haut fourneau, le procédé électrique ne peut soutenir la concurrence, mais dans vue commercial.

3° Il est impossible de définir exactement les conditions dans lesquelles le procédé électrique peut être exploité avec succès. Chaque cas doit être consi-

déré indépendamment de tout autre en tenant grand compte des conditions locales et ce n'est que lorsque celles-ci sont parfaitement connues qu'il est possible de donner définitivement une opinion sur les chances de succès du projet.

L'électricité agent de synthèse

Enfin un dernier mode d'emploi de l'électricité consiste dans l'utilisation de la propriété qu'elle possède de faire combiner plusieurs corps entre eux pour donner un nouveau corps.

Cet emploi est assez restreint à l'heure actuelle. Nous citerons d'abord une application industrielle à la fabrication de l'ozone, corps servant soit au blanchiment, soit à la fabrication de matières colorantes ou de parfums.

Nous passerons de suite à une industrie qui a pris surtout pendant et depuis la guerre une grande importance, la fabrication synthétique des oxydes de l'azote et des nitrates.

A côté du procédé de combinaison de l'azote à l'hydrogène par le truchement du carbure de calcium, grâce à l'immense réserve d'énergie que possède ce corps, l'industrie en emploie un autre dont les expériences de Cavendish ont fourni le principe.

Ce procédé consiste à combiner entre eux les composants de l'air par des décharges électriques. Il repose encore sur la quantité énorme de chaleur dégagée par l'arc et les étincelles électriques.

Cavendish avait déjà constaté que l'étincelle devait être aussi forte que possible, ou, en d'autres termes, que chaque décharge devait mettre en jeu une très grande quantité d'énergie. Aujourd'hui naturellement on n'emploie plus les décharges d'une machine électrique, mais des décharges d'électricité de haute tension, dont la technique fournit diverses formes. Sur le trajet de la décharge l'air se trouve très fortement chauffé, et, dans ces conditions, ses deux éléments libres, l'oxygène et l'azote, se combinent ensemble.

Il n'y a qu'une petite partie de l'énergie consommée dans cette synthèse qui passe dans le composé, la plus grande partie, de beaucoup, sert à chauffer l'air jusqu'à la température voulue. Comme on le voit, on se trouve ici en face du problème d'utiliser cette chaleur. On y arrive en partie et on récupère ainsi une assez forte proportion de chaleur dépensée; pourtant la technique est encore loin d'être au point de sorte que ce procédé n'est intéressant que lorsque l'énergie est à un prix excessivement bas. C'est ainsi qu'il est appliqué depuis 1912 à Notodden par la Société Norvégienne de l'azote.

TROISIEME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

Avenir de l'Electro-Chimie

Nous avons étudié jusqu'à présent le passé et le présent de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie, il nous reste à voir ce qu'on peut attendre pour l'avenir de cette science jeune venue, mais qui, ayant marché à pas de géant, a rattrapé ses sœurs. Est-elle usée par cette croissance désordonnée et condamnée à rester stagnante ou même à dépérir ? ou continuera-t-elle à avancer et à émerveiller le monde de ses progrès ? C'est ce que nous allons étudier dans les pages qui vont suivre. Examinant chacun de ses principaux produits, nous essayerons de deviner l'avenir de chacun d'eux en nous appuyant

d'une part sur le passé, d'autre part sur les grandes lois de l'économie politique. Nous ne prétendons pas résoudre complètement le problème car dans toute vision d'avenir il y a une grande part d'aléa. Un fait insoupçonné aujourd'hui ou connu, peut-être, mais tenu pour négligeable, peut venir détruire complètement nos prévisions. Nous prétendons simplement exposer un point de vue que raisonnablement on peut déduire des faits connus présents ou passés.

On peut d'abord remarquer que la série des corps produits par électrolyse, c'est-à-dire d'une manière générale les corps fournis par l'électro-chimie, ne sont pas susceptibles de se développer d'une façon considérable. M. Gall, l'un des fondateurs de cette science, disait en effet dans la préface des « Principes d'applications de l'Electro-Chimie » : « Le champ des applications électrolytiques est resté relativement limité et les quantités d'énergie électrique utilisées ne semblent pas devoir être l'objet d'une augmentation considérable. Il n'en est pas de même de tout ce qui concerne les applications du courant électrique aux réactions aux hautes températures qui peuvent augmenter d'une façon considérable. »

Nous n'étudierons donc dans ce chapitre que les

possibilités futures du développement de la fabrication du carbure de calcium, des produits azotés, du chlore et des composés chlorés, enfin nous jetterons un coup d'œil sur les principaux produits signalés dans un chapitre précédent de la première partie.

Carbure de Calcium

Le carbure de calcium subit, comme nous l'avons dit, une crise terrible vers 1900-1901, il put s'en relever, grâce à l'appui que vinrent lui fournir les ferros. Quelle est sa situation à l'heure actuelle ?

Ce corps a trois usages :

1° Il est employé comme source de gaz acétylène ;

2° Il est la matière première dans l'industrie de la cyanamide ;

3° Il est employé comme agent de synthèse (1).

L'emploi du carbure de calcium comme source d'éclairage tend de plus en plus à disparaître. La guerre lui a porté un coup terrible dont il ne se re-

(1) L'acétylène a elle-même deux emplois principaux, soit pour donner de la lumière, soit pour donner de la chaleur employée pour la soudure autogène.

lèvera pas. Les installations d'acétylène comme source d'éclairage se trouvaient en effet surtout dans les agglomérations éloignées des centres urbains ne pouvant avoir ni le gaz ni l'électricité. Or, pendant la guerre, les usines hydro-électriques employées pour la défense nationale négligèrent un peu leurs clients habituels. Ceux-ci abandonnèrent donc leurs installations en les transformant au besoin en installation électrique. On a créé ces derniers temps de petits groupes électrogènes marchant à l'essence ou au pétrole et donnant pour une dépense minime un éclairage beaucoup plus pratique que l'acétylène et ne présentant pas les dangers d'explosions qui ont fait hésiter si longtemps un grand nombre d'usagers.

D'autre part l'électricité s'est répandue énormément ; n'importe quel village ayant à proximité une petite rivière organisa son éclairage électrique, les petits moulins ou les petites scieries si fréquents dans notre pays se doublèrent tous d'une centrale électrique leur permettant, pour une mise de fonds assez modeste, d'utiliser leur force à l'heure où habituellement ils cessaient de travailler. Et cette mise de fonds ils la trouvèrent facilement soit chez eux soit chez leur voisin qui se groupèrent en coopérative. On sait en effet qu'il n'y eut jamais autant d'argent dans les campagnes que depuis la guerre. Le paysan

français si routinier soit-il, s'est très vite rendu compte des avantages immenses que présentait pour lui l'éclairage électrique. C'est ainsi que les derniers débouchés qu'aurait pu espérer l'éclairage à l'acétylène se sont trouvés fermés en même temps que diminuait grandement le nombre des installations existantes.

Un débouché qui se présentera encore pendant quelque temps c'est celui des colonies. Pendant un certain nombre d'années, encore, les carburiers français grâce à des tarifs de douane protecteurs pourront espérer écouler une partie de leur production dans les possessions françaises, mais, étant donné le progrès, on peut prévoir que ce débouché ne tardera pas lui aussi à se fermer. Nous avons en effet dans la plupart de nos colonies de belles chutes d'eau. Il faut prévoir le temps où elles seront à leur tour aménagées, cela ne tardera pas, peut-être vingt peut-être trente ans, et à ce moment, la consommation pour l'éclairage par le carbure de calcium produit sur le sol français sera encore réduite. Dans les autres pays européens, nous sommes déjà bien concurrencés, soit par les producteurs autochtones, soit par les pays scandinaves, soit par les Etats-Unis et le Canada qui produisent à bien meilleur marché que nous.

La soudure autogène présente elle aussi un gros débouché. La chambre syndicale de l'acétylène estime que la consommation du carbure par la soudure autogène est à la consommation par l'éclairage comme un est à six. Donc pour le moment, avec le développement de la construction métallique, il semblerait que l'on peut prévoir de ce côté un bel avenir. Mais là encore le jour est peut-être proche où la soudure par l'arc électrique ou par un autre moyen, l'alumino thermie par exemple, remplacera complètement le chalumeau oxyacétylénique.

Alors le carbure de calcium est destiné à n'être plus qu'un corps digne de figurer dans les musées ? que non pas car la science qui l'a chassé de ses premiers emplois est en train de lui préparer un piédestal plus beau encore. Des études se poursuivent et auraient, paraît-il même, abouti pour transformer l'acétylène en alcool et en acide acétique par un procédé de synthèse. Si cette découverte se précise et surtout si elle devient d'un rendement industriel, il y aura encore de beaux jours pour le carbure de calcium car la consommation des produits ci-dessus est suffisamment importante pour offrir de beaux débouchés à l'industrie de l'acétylène surtout si la production de l'alcool est à un prix suffisamment bas, car il pourra alors concurrencer l'essence

pour les moteurs et nous serons ainsi libérés de la quasi-domination sous laquelle nous tiennent les puissances anglo-saxonnes, propriétaires du pétrole, cela pour le plus grand bien de notre défense nationale et de notre franc. Ceci n'est pas un rêve mais peut-être une réalité de demain.

Un autre débouché pour le carbure de calcium est la production de cyanamide. En effet, les besoins de la France sont tels qu'il y a de la place pour tous les différents modes de production des engrais azotés dont la cyanamide est, à l'heure actuelle, un des principaux.

En résumé, on peut prévoir pour le carbure, après une période de crise, un bel avenir mais à deux conditions : la première c'est que son prix baisse, c'est-à-dire que le prix de l'énergie électrique, qui est la principale dépense de fabrication, diminue. La seconde c'est que de nouvelles découvertes de la science ne viennent pas bouleverser nos connaissances actuelles ; mais nous entrons là dans l'imprévu et nous sommes obligés de nous arrêter au seuil.

Chlore. — Si l'avenir du carbure de calcium paraît en somme assuré nous ne pouvons être aussi optimistes pour le chlore. La production française de ce corps est déjà fortement concurrencée sur le territoire national par les productions étrangères,

malgré des droits de douanes considérables. On ne peut donc songer à un débouché extérieur. Le marché intérieur absorbe à l'heure actuelle difficilement la production, il y a déjà presque surproduction ; on ne peut donc songer à un développement alors que les usines actuelles ont du mal à se maintenir et pourtant ce corps est indispensable à la défense nationale. Il ne faut pas se le dissimuler, la prochaine guerre, et malheureusement on peut en parler, se fera, nous le craignons, avec des gaz toxiques et tous ces gaz sont à base de chlore.

Il faudrait donc augmenter notre consommation en temps de paix de façon à pouvoir, en cas de conflit, fournir immédiatement aux armées toutes les quantités, si considérables soient-elles, qu'elles demanderaient. Pour augmenter notre consommation, il faudrait créer en France l'industrie des matières colorantes ; ce sont elles, en effet, grandes consommatrices de ce corps, qui ont permis à l'Allemagne de fournir la quantité de gaz nécessaire pour empoisonner nos soldats.

Mais alors nous rentrons là en plein pays d'hypothèses et raisonnablement nous ne pouvons prévoir une telle évolution. Tout ce que nous pouvons dire c'est que la science n'a pas dit son dernier mot,

mais sera-ce en faveur de l'industrie ou contre cette industrie ? Bien malin qui pourra le deviner.

De même pour les chlorures décolorants. Le marché français est sursaturé par la production française, nous avons même la rivalité des industries étrangères, de sorte que l'on ne peut pas non plus songer à l'exportation.

La consommation des chlorates et des perchlorates est aussi arrivée en France à son maximum et de nouveaux débouchés ne peuvent pas se prévoir à l'heure actuelle, tout au moins, raisonnablement étant donné l'état actuel de la Science.

Nous pouvons dire qu'à notre avis et étant donné les découvertes actuelles, l'industrie du chlore et des composés du chlore nous semble pour le moment arrivée à un maximum. Si même elle veut continuer à garder son activité actuelle, elle devra se préoccuper de diminuer son prix de revient ; c'est dire que son maintien est fonction essentielle du prix de l'énergie électrique.

Produits azotés. — Enfin il nous reste à examiner l'avenir des composés azotés.

Nous devons considérer ainsi que nous l'avons fait jusqu'à présent, les débouchés que présentent à ce corps soit le marché intérieur, soit le marché extérieur.

M. Leboucq, député, dans son rapport sur l'ammoniaque synthétique, nous donne une idée des besoins de l'agriculture française : « En 1913, la France
« a consommé à l'état d'engrais azotés 73.000 tonnes d'azote, dont la plus forte partie (90 0/0) sous
« forme de nitrate de soude et de sulfate d'ammoniaque.

« Pendant la même période, l'Allemagne consommait sous forme d'engrais 215.000 tonnes
« d'azote pour une superficie cultivée du même ordre de grandeur, soit trois fois plus environ par
« hectare ; la consommation par hectare cultivé
« était encore beaucoup plus élevée en Belgique et
« dans les Pays-Bas.

« Cette faible consommation des engrais azotés en France est une des causes de l'insuffisance des
« rendements obtenus comparés à ceux qui ont été constatés dans d'autres pays pour des terrains de
« valeur agricole même inférieure.

« Il y a donc un intérêt économique puissant
« à développer l'emploi des engrais azotés en France. L'azote a pu être appelé à juste titre « le pain
« de l'agriculture ». Même si l'on ne s'élevait que
« très peu au-dessus de la parcimonie actuelle, il
« faudrait prévoir, en tenant compte de la consommation de l'Alsace-Lorraine, une augmentation

« d'au moins 50 o/o sur le chiffre d'avant-guerre,
 « soit une consommation d'au moins 110.000 ton-
 « nes. Ces calculs sont bien modestes si on met en
 « regard le tonnage actuellement consommé en Alle-
 « magne à l'état d'engrais : 500.000 tonnes par an !

« Et, continue-t-il, à ne considérer que les sta-
 « tistiques présentes, les moyens de production d'en-
 « grais azotés sont de beaucoup inférieur à la con-
 « sommation pourtant si étriquée ; mais ce serait
 « une politique à bien courte vue que de se borner
 « à la satisfaction des besoins actuels. »

Les statistiques citées par ce député nous don-
 nent, en effet, comme production des engrais azotés
 en France avant la guerre :

	Tonnes	Azote correspondant en tonnes
Sulfate d'ammoniaque ..	75.000	15.000
Cyanamide	15.000	3.000
Engrais organiques	50.000	2.250

Sur un total de 73.000 tonnes consommées.

Pendant la guerre, la production s'est accrue et
 on est arrivé à produire en France à l'heure actuelle
 45.000 tonnes d'azote dont 30.000 sont produites par
 l'électro-chimie. En tenant compte du chiffre de

consommation minima estimée par M. Leboucq, comme nous l'avons dit plus haut, à 110.000 tonnes, on voit les champs qui s'offrent pour notre industrie.

Nous savons que d'autres procédés sont préconisés pour nous fournir cet azote manquant. M. Leboucq lui-même préconise cette fabrication au moyen des procédés Haber ou Claude, mais tout ceci est une question de prix de revient et l'augmentation de la production de l'azote par l'électro-chimie et surtout par la cyanamide dépend essentiellement du prix du courant.

D'autre part, il importe de remarquer que les besoins de l'agriculture sont si grands en cette matière (l'Allemagne consomme 500.000 tonnes d'azote !) que par une propagande active et bien menée l'électro-chimie peut trouver un vaste champ à son activité d'autant mieux que l'azote incorporé à la terre sous forme de cyanamide est préféré par les agriculteurs pour certains genres de terrains.

Donc pour ce groupe de produits on peut prévoir encore un bel avenir, toujours à condition et c'est notre « Delenda est Carthago » que le prix du courant soit suffisamment faible pour permettre de lutter contre les procédés concurrents. Pour le marché extérieur, il y a peu de chance pour nous de le

voir s'ouvrir : l'Allemagne, la Norvège et le Chili sont des concurrents trop bien outillés, ou disposant de conditions économiques trop particulièrement favorables, pour que nous puissions espérer faire figure honorable sur le marché mondial. Mais étant donné les possibilités intérieures, notre industrie gardée tant qu'il le faudra, a devant elle à longue échéance de belles perspectives.

Passant maintenant en revue les autres corps produits par l'électro-chimie, nous n'en voyons guère, dans l'état actuel de la science, qui soient susceptibles de grand développement ni de donner une vigueur nouvelle à cette branche de notre activité nationale.

La soude que l'électrolyse produit comme complément du chlore aurait de gros débouchés mais la concurrence est très forte même sur le marché intérieur par la production au moyen du charbon. Peut-être la technique se perfectionnant amènera-t-elle une réduction du prix de revient, mais nous en sommes dans le domaine de l'hypothèse.

Étant donné les nombreuses applications de l'oxygène et de l'hydrogène (gonflement des ballons, soudure autogène, découpage des métaux, approvisionnement des laboratoires et des pharmacies, etc.), cette industrie aurait été susceptible de prendre un

grand essor, mais les procédés de distillation fractionnée de l'air liquide (Linde et Claude) et la décomposition de l'eau par le charbon au rouge ont été pour elle de redoutables et heureux concurrents. En fait, la préparation électrolytique de l'oxygène et de l'hydrogène a presque disparu.

Et en conclusion de ce chapitre, nous pouvons dire que l'avenir de l'électro-chimie est encore assuré d'un certain développement. La rapidité de sa croissance n'est pas une cause de faiblesse mais nous est une preuve au contraire de sa vigueur et de sa force. De beaux jours peuvent encore lui être permis mais à condition, et c'est l'enseignement essentiel que nous tirerons de cette étude que le prix du courant ne soit pas excessivement élevé donc tende à s'abaisser dans des proportions assez fortes.

CHAPITRE II

Avenir de l'électro-métallurgie

Nous avons vu dans le chapitre précédent les perspectives, en somme, assez peu séduisantes de l'électro-chimie. Allons-nous constater pareille chose en étudiant l'avenir de l'électro-métallurgie ? Celle-ci se relèvera-t-elle de la série des secousses que lui ont imprimé la guerre et la crise qui l'a suivie. Nous allons, ici encore, étudier l'avenir des principales productions de cette industrie et nous pourrons en dégager quelques conclusions.

Nous pouvons indiquer de suite qu'une crise terrible vient de sévir sur les produits du four électrique : on peut s'en rendre compte d'après les chiffres donnés dans notre première partie. Cette industrie vivait avant la guerre de l'exportation et possédait une avance réelle sur l'étranger. Or, à la faveur de la guerre, des usines ont été édifiées, non seu-

lement en France, mais chez les alliés, les neutres et les ennemis. Il y a aujourd'hui dans le monde entier surproduction sauf pour quelques corps, le ferrosilicium en particulier. Chaque nation élève à ses frontières de formidables barrières douanières et nous voyons se fermer peu à peu devant nous les marchés extérieurs. De sorte que pour le moment l'électrométallurgie ne peut guère espérer conquérir des marchés d'exportation ; elle est obligée de se contenter, en grande partie, du marché national. Nous examinerons donc surtout les facilités d'absorption de celui-ci.

Aluminium

L'aluminium, ainsi que nous l'avons montré, est une production essentiellement française. Avant la guerre sur un total de 13.000 tonnes produites, 6.000 tonnes environ étaient absorbées par la consommation française, le reste par l'exportation.

Celles-ci pour destinations principales :

Allemagne	5.100 tonnes
Etats-Unis	700 —
Russie	500 —
Angleterre	350 —

Depuis la guerre le marché américain est deve-

nu inaccessible aux exportations, par suite de l'accroissement formidable de l'industrie américaine, complété par un relèvement prohibitif des droits de douane. D'autre part, le marché allemand, qui était notre principal consommateur, nous est fermé parce que, pendant la guerre, l'Allemagne qui ne possédait aucune usine d'aluminium, s'est organisée pour en produire 30.000 tonnes, quantité qui correspond à trois ou quatre fois sa consommation.

Le marché russe, qui absorbait une grande quantité d'aluminium transformé par l'Allemagne et la Suisse, n'existe plus. Les usines françaises n'ont donc actuellement comme ressource que le marché national. Celui-ci absorbe pour le moment toute la production, celle-ci est même pour cette année déficitaire. Cette consommation se conservera-t-elle ? On peut raisonnablement l'espérer, à condition de développer le remplacement du cuivre par l'aluminium partout où cela peut être fait, c'est-à-dire dans un grand nombre d'emplois de ce premier métal.

Cette disparition des marchés extérieurs n'a pas été le seul coup porté. M. Pitaval dans le « Four électrique », annonçait le 15 février dernier, l'accord intervenu entre les fabricants français, anglais et américains d'aluminium au sujet des actions de la « Société norvégienne des nitrures et de l'alumi-

nium ». Cet accord avait pour résultat de faire passer en partie cette fabrique norvégienne des mains françaises, aux mains anglo-saxonnes. Plus exactement cette usine sert de volant à la production d'aluminium de la France, de l'Angleterre et des Etats-Unis. En principe, le tiers de la production est livrée à chacune des puissances, mais si, pour une cause quelconque l'une de ces nations a son marché engorgé par l'aluminium produit par les usines nationales, les autres puissances peuvent prendre, pour leur propres consommation, en totalité ou en partie, ce qui revient à la nation défaillante.

Cette vente a été une chose heureuse pour les actionnaires français de la société, mais la participation anglo-américaine, consécutive à l'intérêt pris par l'« Aluminium Cy of America » dans une autre entreprise norvégienne, « la Norsk Aluminum Coi » pose un problème d'ordre général que nous nous proposons d'examiner, et qui nous donnera la solution du développement futur de l'aluminium en France.

Les Américains et les Anglais sont maintenant sortis de leur pays et la main-mise anglo-saxonne sur l'industrie de l'aluminium en Norvège est une chose presque faite. Les cinq usines norvégiennes

sont maintenant assujetties à un contrôle anglo-américain.

Ces entreprises ayant subi depuis deux ans le contre-coup de la crise mondiale, il est probable que les participations américaines ont pu se faire dans d'excellentes conditions pour... les nouveaux occupants. La hausse du dollar a donc contribué d'une façon indubitable à élargir la part américaine dans le marché mondial de l'aluminium.

Si nous consultons les chiffres des statistiques fournies dans notre première partie, nous voyons qu'en Europe, avant la guerre, la position de l'industrie de l'aluminium était la suivante ; en tête de la production, la France et la Suisse avec comme gros client l'Allemagne ; ensuite, l'Angleterre, l'Italie et la Norvège, ces deux derniers pour une très faible production. Les Etats-Unis et le Canada se partageaient le marché américain et s'y cantonnaient. Mais les positions n'en restèrent pas là : nos compatriotes parfaitement au courant de la fabrication et se rendant compte du débouché que l'on pouvait avoir aux Etats-Unis où l'on trouvait le minerai, le charbon et l'énergie hydroélectrique, installèrent dans ce pays une immense usine. Cette idée d'Adrien Badin était parfaitement juste et raisonnée et elle devait donner à nos compatriotes de très jolis béné-

fices mais... survint la guerre et les combinaisons financières qui s'échafaudaient pour réaliser les fonds nécessaires à l'achèvement de l'usine s'écroulèrent comme un château de cartes. Les Américains s'empressèrent de racheter l'affaire. Ils commençaient à profiter de là guerre.

Les Français battus en Amérique, et voyant la demande d'Aluminium croître avec les besoins de la défense nationale, se retournèrent vers les Pays Scandinaves et des groupes de différentes nationalités fondèrent des usines en Norvège. Après l'armistice, survint la grande crise due à l'accumulation des stocks de guerre, puis l'arrêt brutal de la consommation. Et l'Amérique qui continuait de profiter de la guerre et de ses conséquences, en particulier de la dévalorisation du franc, attendit le moment propice pour intervenir dans l'industrie norvégienne sous la forme que l'on sait.

« Les rôles sont donc maintenant renversés, ja-
« dis nous avons tenté de mettre un pied aux Etats-
« Unis et maintenant c'est l'Amérique qui a un pied
« en Europe. Avec les usines des Etats-Unis, du Ca-
« nada, de l'Angleterre et de la Norvège, les Anglo-
« Saxons ont pris le contrôle de la partie septen-
« trionale des continents ». (1)

(1) Journal du Four Electrique, 1-15 mars 1923.

Et maintenant, que va nous donner l'avenir ? L'emprise anglo-saxonne va-t-elle en descendant sur le Sud, et d'ici quelques années verrons-nous cette industrie devenue un fief absolu des gens du Nord ; les latins étant rejetés et complètement dépossédés d'une invention due à leur ingéniosité ?

Nous allons laisser parler Badin qui fut le joueur le plus redoutable dans la compétition internationale des intérêts qui gravitent autour de l'industrie de l'aluminium. C'est M. Pitaval qui, dans un article au sujet de l'avenir de l'aluminium, rapporte ces paroles de son ami au moment où il lui faisait un assez sombre tableau de la situation pendant que tous deux collaboraient en 1916 à l'édification des usines de Norvège (2).

« Bah ! nous en sortirons. L'essentiel pour le
« moment est de fabriquer de l'aluminium pour
« nous et nos alliés. Mais après la victoire, nous ne
« resterons pas en Norvège, nous vendrons nos usi-
« nes aux Anglais ou aux Américains, parce que ce
« pays a de tels liens avec l'Angleterre et les Etats-
« Unis qu'il en est une espèce de colonie : mêmes
« mœurs, même mentalité, mêmes habitudes. Ne
« faut-il pas être marin pour faire de l'aluminium en
« Norvège ? Mais oui : marins parce que l'industrie

« y est surtout une question de transports maritimes.

« Nous laisserons la Norvège aux Anglo-Saxons
« comme nous avons abandonné les Etats-Unis aux
« Américains. A eux le nord des continents, et à nous
« Latins, le midi de l'Europe et l'Asie ; à nous le
« Midi et l'Orient qui est notre berceau et le milieu
« convenant le mieux à notre tempérament et à nos
« affinités. »

Et M. Pitaval continue en disant que Badin, avant sa mort arrivée en janvier 1917, avait en somme commencé à jeter les premières bases de ce programme futur en organisant des participations françaises en Italie, en acquérant des chutes d'eau au Monténégro, à côté de gisements de bauxite ; au Caucase, où le plan de son usine était déjà tracé, aux Indes, enfin, où il avait fait explorer les gisements de Bauxite de Balaghat et de Jubbulpore, en vue d'une future installation.

Ce puissant cerveau où bouillonnaient tant d'idées, avait vu peut-être juste. L'avenir de l'aluminium français ne serait-il pas assuré s'il pouvait accaparer les immenses marchés de l'Orient, si nos usines pouvaient s'essaimer dans le bassin méditerranéen, celui de la Mer Noire et celui de l'Océan Indien ; cela sera possible à la condition que notre prix de revient soit bas, donc que le courant grand facteur de ce

prix de revient pour l'aluminium, soit le plus bas possible. Nous étudierons les conditions d'abaissement de ce prix dans un chapitre ultérieur, mais si ce facteur est réalisé, nous pouvons adopter la conclusion de M. Pitaval dans l'article que nous avons cité :

« Oui, laissons sans regret le Septentrion aux
« peuples Normendiques et concentrons notre activité latine sur les continents méridionnaux, en
« nous inspirant des enseignements d'Adrien Bardin
« pour diriger les destinées d'une industrie qui a eu
« la chance de rencontrer un visionnaire de génie,
« mort, hélas ! trop jeune pour réaliser complètement des idées dont le temps jusqu'ici a toujours
« vérifier la justesse. »

Métaux ferreux

En étudiant les chiffres de la production française de la fonte et de l'acier au four électrique, chiffres indiqués plus haut, on s'aperçoit aussi de la terrible répercussion de la crise sur ces produits. L'électrosidérurgie se relèvera-t-elle, et a-t-elle un bel avenir ? A cette question, nous pouvons hardiment répondre par l'affirmative.

FER. — *Le fer électrolytique*, ainsi que nous le

disons ci-dessus, n'en est qu'à ses débuts, mais on peut raisonnablement espérer que cette industrie se perfectionnera. Les qualités remarquables de ce produit le font beaucoup rechercher ; à poids égal, une conduite de fer électrolytique résiste en effet à des pressions vingt fois supérieures à celles qu'on peut appliquer à une conduite en fonte. Lorsqu'on aura trouvé un moyen de la rendre inoxyidable, et cela n'a rien d'impossible, nous verrons toutes les canalisations de fonte remplacées petit à petit par des canalisations en fer. N'a-t-on pas du reste prétendu dernièrement que ce qui rendait le fer oxydable c'étaient les impuretés. Or, la méthode électrolytique est, sans contredit, celle qui donne le métal à un plus haut degré de pureté.

Obtiendra-t-on aussi *du fer en partant du minéral* ? C'est déjà un domaine plus hypothétique ; les chercheurs se sont appliqués à ce problème et jusqu'à présent le résultat n'a pas répondu à l'appel. Il y a une difficulté théorique, c'est la présence du carbone des électrodes qui carbure plus ou moins le métal. Cette difficulté tient le problème en suspens. Cela veut-il dire que l'on n'arrivera jamais à le résoudre ? Nous ne le croyons pas, car c'est le cas de le dire, avec l'électricité le mot jamais n'existe pas, mais il y a toujours là encore l'intervention du prix

de revient et c'est là le gros facteur ; là encore comme précédemment nous voyons intervenir la question du cout de l'énergie.

FONTE. — Pour la fonte, il est plus facile de prédire, cette fabrication ayant déjà fait ses preuves. Nous avons montré l'avantage que la France pouvait retirer de la dissémination des usines de production de fonte sur son territoire, dissémination rendue extraordinairement facile par le four électrique, car les sources d'énergie électrique sont infiniment plus nombreuses que les mines de charbon, et le minerai de fer se trouve en presque tous les points de notre pays.

Pour la production de fonte, nous sommes obligés du reste, de faire la distinction entre la fonte produite au moyen de vieux riblons et récarburés au four électrique, c'est-à-dire la fonte synthétique dont il a tant parlé depuis quelques années dans les revues techniques, les uns prétendant que c'était une invention merveilleuse, d'autres une hérésie... Nous ne prendrons pas parti dans cette discussion car cela sortirait du cadre que nous nous sommes tracé et de plus, entre le marteau et l'enclume, il ne faut pas mettre le doigt. Mais ce procédé fournit une grosse quantité de fonte produite actuellement et son ave-

nir dépend essentiellement d'une part, du prix du courant, d'autre part, du prix du charbon.

Pour la fonte produite en partant du minerai, le procédé n'est pas encore complètement au point. La mission canadienne a bien dit que, avec le coke à 38 francs et le cheval à 50 francs, le prix de revient de la fonte au haut fourneau ou au four électrique est à peu près le même. A l'heure actuelle, la proportion est à peu près celle-là, et peut-être même, le prix du coke est-il proportionnellement à celui du cheval un peu plus élevé. La production de fonte électrique doit donc se développer.

ACIERS. — Enfin on peut affirmer que *l'acier au four électrique* n'a pas encore dit son dernier mot et que d'ici quelques années, on en verra la production se développer d'une façon considérable. Ses qualités spéciales et remarquables en font un produit très recherché. Il pourra du reste être produit de deux façons différentes :

1° En partant directement du minerai comme pour la fonte et en poussant la décarburation plus loin, on obtiendra un acier excessivement pur et conforme au produit désiré.

2° En partant d'une coulée de fonte d'un haut

fourneau et conduite encore liquide au four électrique, on obtiendra par affinage l'acier désiré. Cette méthode très employée en Amérique et en Allemagne peut être introduite et développée en France, d'autant plus qu'avec les admirables gazogènes que sont les hauts fourneaux modernes, il est très facile d'obtenir, au moyen de moteurs à gaz, un courant à prix excessivement bas et par conséquent, ne grevant pas beaucoup le prix de revient de la tonne d'acier.

L'avantage de ce développement de la fonte et de l'acier au four électrique est surtout dans ce fait que la consommation intérieure offre un énorme débouché. Nous devons, en effet, toujours tenir compte de la concurrence de plus en plus forte de nos anciens ennemis, ou alliés, ou neutres, qui par suite de situations spéciales, comme nous le verrons plus loin, peuvent produire à meilleur marché que nous. La marque de l'industrie française étant de produire des objets de qualités supérieures, il ne faut pas essayer de lutter contre la masse lancée sur le marché par les Allemands et les Américains ; il faut nous cantonner dans nos productions relativement restreintes et de qualités supérieures, et, de cette façon, les fontes et les aciers au four électrique, protégés, s'il le faut, par un léger droit contre les con-

currents étrangers pourront fournir à nos industries automobiles, aviation, machines, mécanique, etc., la matière première supérieure nécessaire à leur fabrication. Pour cette branche donc, même si le marché extérieur des produits bruts venait à être fermé, nous pourrions trouver un large débouché extérieur grâce aux qualités de conscience, d'ingéniosité et d'élégance de nos ouvriers, pour les objets manufacturés.

Une autre circonstance qui nous fait présager un bel avenir pour les produits ferreux au four électrique, c'est la suivante. Déjà avant la guerre, mais surtout depuis la désannexion de l'Alsace et de la Lorraine, la France est un pays où abonde le minerai de fer mais qui manque de coke pour le traitement de ce minerai ; c'est du reste, peut-être, dans cette situation qu'il faut chercher la cause de tout le malaise international actuel et de notre mésentente avec l'Angleterre au sujet de notre action dans la Ruhr ; la France cherche à avoir le coke indispensable à son industrie métallurgique et nos bons amis et alliés les Anglais s'y opposent de toutes leurs forces. Si, en effet, notre pays pouvait traiter tout son minerai de fer dans des conditions économiques, la suprématie industrielle de l'Angleterre serait dangereusement menacée tandis que tout le coke étant

aux mains d'une nation et le minerai aux mains de l'autre, les Anglais seront tranquilles.

C'est pour cela que si l'on arrivait à extraire le fer du minerai avec beaucoup moins de coke, notre situation industrielle serait affermie d'une façon indiscutable ; et nous pouvons trouver sur notre territoire la force électrique nécessaire soit par plus grande utilisation de nos ressources hydrauliques, soit par la production d'électricité au moyen de mauvais combustible dans des super centrales installées un peu partout sur les mines de tourbe, de lignite et de mauvais charbon qui abondent en France. Cela serait d'autant plus facile que pour le haut fourneau il faut un coke métallurgique que ne donne pas le charbon français, tandis que, pour le traitement au four électrique, il suffit d'un coke ordinaire même très friable qu'il est facile de trouver dans notre patrie.

Ferro Alliages

Enfin, nous avons vu l'importance pour l'industrie électro-métallurgique de la production des ferros. Mais là aussi la guerre et la crise ont marqué leur profonde empreinte. Nos principaux débouchés étaient pour ces produits l'Angleterre, l'Allemagne et l'Amérique ; or, en Angleterre, nous de-

vons lutter contre la concurrence scandinave qui dispose d'énergie électrique à meilleur marché que nous. L'Allemagne s'est mise, depuis la guerre, à fabriquer des ferros en brûlant des lignites pour produire son énergie ; ses bas prix de revient, joints à la protection féroce que lui assure le gouvernement du Reich réduisent à rien nos ventes dans ce pays.

Enfin, depuis la crise, la demande de l'Amérique s'est bien restreinte. Quelques chiffres (2) sont bien significatifs : en 1912, nous avons produit 9.103 tonnes de ferro chrome ; en 1920, cette production a été de 1.055 tonnes ; en 1921, elle est tombée à 394 tonnes. Nous donnons ci-dessous la part qui revient dans ces chiffres totaux, au marché intérieur et à l'étranger pour les années 1920 et 1921 :

	1920 e n	1921 k i l o g s
France	162.038	55.216
Etranger	893.229	339.003

Pour le ferro silicium, notre production était en 1912 de 11.050 tonnes (livraisons en France et à l'étranger) ; en 1920, elle a diminué de moitié, 6.563 tonnes et en 1922, elle n'a pas dépassé 4.349 tonnes.

(2) Chiffres tirés d'une étude de M. Tochon, secrétaire de la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques sur l'aménagement des chutes d'eau en France.

Il est juste de remarquer que pour 1923 les chiffres se sont considérablement relevés.

Nous donnons ci-dessous la répartition entre la vente en France et la vente à l'étranger pour les années 1920 et 1921 :

	1920 en francs	1921 en francs
France	4.451.674	2.587.195
Etranger	2.112.217	1.752.122

L'ensemble de ces faits montre assez clairement que si elle n'en est pas morte, l'industrie électrométallurgique française des ferros alliages sortira du moins très touchée de la guerre et de la crise 1921-22. Son hypertrophie pendant la guerre pour satisfaire aux besoins de la défense nationale n'est pourtant pas une manière de suicide, car depuis la fin de la crise, la consommation française des aciers spéciaux s'est considérablement augmentée et offre des débouchés nombreux à la production actuelle. Peut-être même pourra-t-elle absorber un supplément de production.

Du côté de l'étranger, ainsi que nous l'avons dit, l'horizon est encore plus sombre car l'électrométallurgie française des ferros alliages qui se défendait avec peine contre la concurrence étrangère avant la guerre a vu anéantir d'un seul coup, non seulement

les faibles remparts derrière lesquels elle s'était retranchée mais encore, elle a vu se multiplier le nombre de ses assaillants sur tous les marchés.

Abstraction faite, de son effort personnel, l'Angleterre aura appris le chemin de la Norvège dont les usines déjà avantagées par le prix du courant sont, pour ainsi dire, à quai même. Quel avantage pour l'exportation par rapport à la Savoie et au Dauphiné : l'Italie a, comme la France, profondément senti l'importance de ses ressources hydrauliques et elle est occupée à les mettre en valeur. Les Etats-Unis, plus encore que par le passé, se suffiront à eux-mêmes s'ils ne deviennent définitivement exportateurs. Le Japon même, on en a la preuve pour le ferro tungstène, s'est partiellement outillé. Quant à l'Allemagne, elle sera désormais la cliente attirée de la Suisse, de la Suède et de l'Autriche, laquelle grâce à une capacité de production supérieure à sa consommation, constituait déjà avant la guerre, du moins pour les alliages courants, un marché fermé vivant sur lui-même.

On voit donc que si la situation de l'industrie des ferros alliages est encore relativement brillante, on peut prévoir qu'à un moment donné l'essor de cette industrie s'arrêtera ; et qui dit s'arrêter ne dit-il pas, par là-même, diminuer ? Comment l'électro-métal-

lurgie des ferros alliages pourra-t-elle s'assurer un avenir certain ?

On sait que lors de la crise qu'il a traversée originellement, le carbure de calcium avait été secouru par les ferros alliages, les deux fabrications étant restées depuis lors dans la plupart des usines le complément l'une de l'autre, ceux-ci pourront-ils à leur tour, dans les mêmes circonstances, recevoir de celui-là le même service ? Nous avons étudié les possibilités de développement futur du carbure et nous avons conclu qu'à moins d'une mise au point parfaite et rémunératrice du procédé transformant l'acétylène en alcool et en acide acétique, l'avenir du carbure de calcium était déjà pour lui-même peu brillant.

De nouveaux emplois pour les ferros alliages ? Il n'en peut guère être attendu que du progrès au pas lent et incertain et de peu importants sans doute par rapport aux puissances disponibles. Pour continuer à prospérer où l'électrométallurgie française des ferros alliages espère-t-elle donc trouver sa vie ? Est-ce dans une certaine simplification de ses fabrications ? L'expérience nous apprend qu'il n'y a, en temps normal, aucun bénéfice à réaliser par l'unification des alliages dans la consommation. Il convient au contraire de laisser libre chaque fabricant

d'acier d'utiliser les types les mieux adaptés à ses spécialités et de sauvegarder un des principes vitaux de l'industrie des alliages : celui d'une variété presque infinie, variété qui laisse libre carrière à l'initiative simultanée de l'électro-métallurgiste et de l'aciériste.

Tout au contraire, peut-on escompter un profit appréciable de la spécialisation dans la production ? Les types d'alliages les plus consommés, tels que ceux du ferro-silicium, du ferro-chrome et du ferro-tungstène sont aujourd'hui suffisamment classés et limités pour permettre à chaque fabricant de se consacrer à une fabrication déterminée et suivie à l'exclusion des autres, réalisation du travail en série avec ses avantages classiques quant au prix de revient ? Mais quel que soit l'intérêt de cette manière de faire, le progrès susceptible d'être ainsi réalisé se présente comme si minime au regard du progrès total souhaitable qu'en réalité il laisse celui-ci tout entier.

De nouveau, nous retombons dans l'axiome que l'avenir de l'électro-métallurgie est essentiellement lié au coût de la production de l'énergie électrique et que le principal facteur de prospérité est la diminution du coût de cette énergie.

Nous avons donc vu que les productions de

l'électro-métallurgie souffraient elles aussi de pléthore ; il faut que l'on trouve une occupation à la quantité énorme d'installation qui, pendant la guerre, satisfaisaient aux besoins de la défense nationale et qui, maintenant, embouteillent le marché.

N'y aurait-il pas lieu de chercher dans la fabrication d'un corps nouveau comme autrefois lors de la crise du carbure un moyen de rendre à cette industrie un regain de splendide vitalité. Là nous rentrons dans le domaine non seulement de demain, mais aussi de l'hypothèse. Il est certain que la science nous a trop donné de preuves de ses inépuisables ressources pour que nous puissions douter d'elle. On peut s'attendre à des découvertes sensationnelles bouleversant complètement l'économie de l'industrie nationale. Mais sans aller jusqu'à construire de pareils châteaux en Espagne, ne peut-on pas faire des projets raisonnables sur des choses certaines. A cela, nous croyons pouvoir répondre oui.

Nous avons déjà vu tout l'avenir que l'on pouvait entrevoir raisonnablement pour les produits ferreux. A l'heure actuelle apparaissent d'autres fabrications déjà industrielles et sur lesquelles on peut compter. Nous terminerons ce chapitre en en disant quelques mots.

Le magnésium représente pour lui tout seul une

production de 36 tonnes annuelles au prix de 20.000 francs la tonne. Si l'on songe que la production de ce métal n'est établie en France que depuis quatre ou cinq ans, on se rendra compte du splendide développement qu'a pris ce corps en si peu de temps. Et cela n'est rien, car maintenant que l'on a appris la méthode de le travailler et produire des pièces, soit par coulée, soit par soudure, un avenir immense est ouvert à ce métal, surtout que des propriétés spéciales le font très rechercher dans les industries nouvelles qui sont encore plus celles de demain ; nous voulons parler de l'industrie de l'automobile, et de celle de l'aviation.

L'industrie du zinc et du nickel est très développée mais on produit surtout ces corps au moyen du charbon ; or, au prix où est ce combustible, il y a intérêt à le remplacer par l'électricité de nos chutes d'eau, pour le nickel surtout car dans les pays où l'on trouve le minerai, il n'y a pas de charbon et l'on est obligé de transporter l'un des deux ; or, les trajets sont longs de l'Europe à la Nouvelle-Calédonie ; il y aurait donc tout intérêt à développer dans cette colonie française l'aménagement des chutes d'eau qui s'y trouvent ; de cette façon, on n'aura, au pire, à transporter en Europe que du métal brut, quitte à le raffiner par voie électrolytique ou par fusion au four électrique.

Enfin, quand l'on constate que pour produire une tonne de zinc il faut trois tonnes de charbon, au prix où est le combustible à l'heure actuelle, on est tout de suite porté à se demander s'il n'y a pas moyen d'avoir une utilisation plus rationnelle de la chaleur, surtout que ce métal demande des hautes températures et un milieu bien défini pour son passage de l'état de minerai à l'état de métal.

De nombreux chercheurs sont sur cette voie et l'on peut presque dire que la méthode est au point à l'heure actuelle. D'ici quelques années, les usines électro-métallurgiques se seront emparé de sa fabrication. Or, son débouché intérieur est énorme et si l'énergie électrique se maintient à bas prix par rapport à l'énergie du charbon, il est hors de doute que nous allons assister, comme on l'a vu pour les ferros de 1904-1914, à un détrônement progressif du charbon par l'électricité pour la production du zinc. Ce métal sera peut-être le corps qui permettra aux usines électro-métallurgiques de supporter la crise de production que nous avons vu naître pour le carbure et les ferros.

Pour tous ces corps, nous retrouvons encore la même formule : l'industrie de l'électro-métallurgie est susceptible d'un développement d'autant plus grand que l'énergie électrique coûtera moins cher

par rapport au charbon employé directement. Il nous faut donc examiner, et c'est ce que nous allons étudier dans le chapitre suivant, quelles sont les probabilités de la diminution du prix de revient du H.P. électrique initial.

CHAPITRE III

Diminution du coût de l'énergie

De nos deux chapitres précédents il résulte nettement que l'avenir de l'industrie électro-chimique et électro-métallurgique est essentiellement lié à la question du prix de production du kilowatt électrique, ou, plus exactement, que si le kilowatt fourni à l'industrie est à un prix suffisamment bas, cette nouvelle branche de l'activité humaine a un avenir splendide en France ; avenir d'autant plus beau que l'énergie électrique sera à un prix plus bas.

La distinction que nous venons de faire n'est pas seulement une figure de style, elle correspond à une réalité, le faible coût de l'énergie électrique put provenir de deux raisons en effet :

1° Amélioration du rendement des installations soit hydrauliques, soit thermiques.

2° Vente d'une partie de la production d'énergie à des consommateurs qui peuvent la payer assez cher, son emploi, même à un prix élevé, constituant quand même un bénéfice pour eux. Vente du surplus aux industries électro-chimiques et électro-métallurgiques la souplesse de celles-ci leur permettant de s'adapter dans une large mesure à des différences de courant assez considérables.

Et l'hypothèse du consommateur pouvant payer l'électricité assez cher, tout en faisant un bénéfice dans l'emploi, n'est pas une utopie. Considérons en effet le cas de l'éclairage électrique. Il permet à intensité égale une économie notable sur les autres mods. Sur les données de la consommation à Paris, au début de 1922, avec comme base les prix suivants : l'électricité à 0 fr. 90 le kilowatt-heure ; le gaz à 0 fr. 55 le mètre cube ; le pétrole à 1 fr. 50 le kilo, le prix de revient pour une intensité de 50 bougies s'établit comme suit :

	Consommation par bougie heure	Consommation par 50 boug. heure	Prix pour 50 boug.
Lampe à filament			
métallique	1 watt 2	60 litres	0 fr. 054
Bec Auer	2 litres	100 litres	0 fr. 055
Lampe à pétrole	3 gr. 4	170 gr.	0 fr. 25

Et si l'on prend le prix de la production, nous trouvons les chiffres suivants. La Chambre de Commerce de Grenoble estimait, avant la guerre, que le prix de revient moyen du kilowatt pris à l'usine dans la région du Dauphiné ressortait à 1 centime 5 amortissement et tous frais compris ; après transport à 100 km ce prix s'élevait à 3 centimes 7. Ces chiffres peuvent être quadruplés pour les entreprises nouvellement nées et il semble qu'en admettant une variation de 6 à 15 centimes on reste dans une juste mesure. C'est en partant de ces données que plusieurs auteurs ont calculé que le prix de revient du kilowatt-heure amené du Rhône à un poste central de transformation de la banlieue de Paris ressortirait à 11 centimes. La super-centrale de Gennevilliers a fixé son prix de revient à 11 centimes 5.

Ceci étant les prix de revient, voici quels étaient les prix de vente du kilowatt-heure à Paris pendant le 1^{er} semestre 1922 :

	Eclairage	Force
Basse tension	0 fr. 90	0 fr. 63
Haute tension	0 fr. 605	0 fr. 455

avant la guerre le kilowatt éclairage basse tension coûtait 0 fr. 70.

De ceci il résulte donc :

1° Le prix de l'électricité n'a pas sensiblement augmenté sur le prix d'avant-guerre, 23 o/o environ.

2° Tout en permettant aux usagers de faire un large bénéfice sur les autres modes de production d'énergie, les marchands d'énergie électrique peuvent vendre le surplus de leur force à des prix suffisamment bas.

Nous étudierons donc dans ce chapitre deux points :

1° Quels sont les chances de diminution de prix du kilowatt hydraulique et thermique.

2° Quels moyens envisager pour permettre à l'industrie électro-chimique et électro-métallurgique d'avoir du courant à prix très bas.

Diminution du prix de revient de l'énergie électrique

Nous avons vu que cette énergie avait deux sources soit hydraulique, soit thermique. Nous examinerons donc les chances d'augmentation de rendement dans les deux cas.

Diminution du prix de revient

du kilowatt-hydraulique

M. C. Marille, dans la « Technique Moderne »

de mars 1922, va nous répondre immédiatement à ce sujet.

« Les perfectionnements apportés au cours de
« ces dernières années dans les moyens et appareils
« de captation et de conversion de l'énergie hydrau-
« lique à la suite d'une expérimentation très déve-
« loppée du matériel turbines, ont permis d'obtenir
« sur les plus récentes unités de l'ordre de 40.000
« HP, une restitution en énergie électrique de près
« de 90 o/o de la puissance brute de la chute. Il y
« a lieu de penser que pour ce qui concerne ce do-
« maine d'investigation le rendement global que
« nous venons d'indiquer atteint sensiblement la
« limite des possibilités techniques présentes et fu-
« tures de sorte que les seules améliorations à envi-
« sager, ne peuvent être judicieusement dirigées que
« dans le sens d'une utilisation perfectionnée de
« l'ensemble des éléments qui forment le système de
« production proprement dit. »

« Il va de soi en effet que si, d'une part, ce sys-
« tème ne peut présenter son maximum de rende-
« ment sans que les unités qui le composent soient
« elle-mêmes dotées d'un coefficient d'efficacité
« maximum, celles-ci peuvent, par contre, parfaite-
« ment figurer en conjugaison dans un ensemble

« dont les conditions de fonctionnement sont fort
« éloignées du mode d'utilisation optimum. »

En effet, à jeter un regard superficiel, il semble que plus rien n'arrête les ingénieurs dans la conception de la machinerie. Les turbines ont une puissance qui n'est plus limitée que par le volume de l'eau qu'elles utilisent et les techniciens conçoivent aussi bien une turbine de 50.000 chevaux qu'une de 15.000.

Les accouplements turbines-dynamos ont un rendement très élevé et il semble difficile, à moins d'un changement complet du principe de l'utilisation de la force hydraulique, de réaliser des progrès sensibles de ce côté.

Les transformateurs que l'industrie met au service des stations génératrices ont actuellement un rendement d'environ 90 o/o.

Etant donné ces résultats, « il semble que l'on
« soit arrivé au point de vue technique, à une situa-
« tion analogue à celle où on se trouvait, il y a un
« demi-siècle, en ce qui concerne la machine à va-
« peur, à l'égard de laquelle les réalisations essen-
« tielles étaient acquises, en sorte que les progrès
« ultérieurs n'ont consisté qu'en amélioration de dé-
« tail. »

Ainsi, puisque ni dans les turbines, ni dans les

'dynamos, ni dans les transformateurs, on ne peut apporter des modifications radicales, mais seulement des modifications de détail, de quel côté peut encore se tourner l'industriel à l'intérieur de son usine pour abaisser son prix de revient ?

Reportons-nous à ce qui s'est passé dans le domaine de la vapeur : « L'industrie qui utilisait la
« force de la vapeur a recherché des abaissements de
« prix de revient, non plus dans l'ordre technique,
« mais dans l'ordre économique, notamment dans
« la concentration industrielle et la production par
« grande masse. »

La concentration, nous l'avons dit, se produit dans l'industrie hydro-électrique, mais il n'est pas probable qu'elle entraîne dans cette branche les mêmes résultats que dans l'industrie de la machine à vapeur. « Il faut remarquer que les économies de
« frais de production ainsi réalisées par la grande
« industrie à vapeur, grâce à la concentration (éco-
« nomie d'installation, de matières et, notamment,
« de charbon, de main-d'œuvre) ne paraissent pas
« se manifester au même degré dans l'industrie hy-
« dro-électrique où les installations et le matériel
« sont réduits au minimum et où la matière pre-
mière est gratuite. »

La concentration amènera sans doute une amé-

lioration et une économie : celle de la main-d'œuvre. Nos stations utilisent encore un trop nombreux personnel ; elles n'ont point encore atteint le degré d'automaticité dont elles jouissent en Amérique. M. Blondel voit dans la marche automatique des stations un progrès à réaliser, et après avoir cité l'exemple de la « Sowa Railway and Light C^o » à Cedar-Rapids, il continue : « L'exemple en sera suivi, et « le jour n'est pas éloigné où il suffira d'un ou de « deux ingénieurs ou contremaîtres pour conduire « une usine génératrice très puissante ; la main- « d'œuvre manuelle n'aura à intervenir que pour les « réparations de machines, assez rares, et pourra « être fournie par des équipes volantes envoyées par « les constructeurs ou par des entreprises d'entre- « tien. »

La technique productive comprend non seulement le matériel situé à l'intérieur de l'usine, mais encore le rendement de la matière première. En l'occurrence, la matière première est l'eau des chutes.

Les turbines sont arrivées à un point de perfection qu'il est difficile d'améliorer ; mais l'irrégularité des débits suivant les saisons, ne favorise pas la bonne marche de l'entreprise, à cause de la quantité variable d'énergie produite.

L'intérêt des industriels est de régulariser l'écou-

lement de leur production et c'est un résultat difficile à atteindre lorsque cette production varie dans de grandes proportions. Il faut donc commencer à régulariser la production elle-même.

Ce résultat peut être atteint, nous l'avons vu de deux manières : soit par la régularisation du débit des cours d'eau, soit par la mise en commun des ressources en force de différentes sociétés dont les installations sont placées dans des bassins de régimes hydrographiques différents.

La régularisation du régime peut être obtenue par la création ou l'aménagement de bassins artificiels ou de lacs naturels et, jusqu'à présent, là s'est borné l'effort des industriels. Malheureusement toutes les stations ne sont pas assez heureuses pour avoir à leur portée un bassin à aménager. Des ingénieurs aux vues larges et aux idées hardies proposèrent de submerger des vallées entières. Dans cet ordre d'idée une expérience a été tentée et réalisée pendant la guerre au lac d'Annecy où le niveau du plan d'eau a été relevé.

Le projet d'aménagement du Rhône comporte aussi la submersion d'une partie de la vallée du fleuve, et l'on étudie le moyen de transformer en bassins-réservoirs certaines hautes vallées traversées par la Haute Romanche et la Durancé.

Il y a encore un autre moyen d'améliorer le rendement des chutes d'eau, c'est celui qui va être mis en œuvre par la Société d'électro-chimie, d'électro-métallurgie et des aciéries électriques d'Ugine. Cette société a su grouper ses chutes d'une façon remarquable. Tout son bassin hydraulique est concentré sur un territoire très restreint, de sorte que, moyennant quelques lignes d'intercommunication, les usines sont toutes reliées entre elles ; Premier avantage que nous étudierons dans la seconde partie de notre chapitre. Deuxième avantage, cette société peut employer le « pompage ».

Il arrive que par suite de pluie ou de brusque chaleur la rivière fournissant l'énergie grossisse rapidement mais pour deux ou trois jours par exemple. tant donné ce peu de durée, il n'est pas possible de recueillir la force car il n'y aurait pas moyen de l'utiliser pour la mise en marche d'une fabrication mais on peut l'employer à pomper l'eau de la vallée et à l'emmagasiner dans un réservoir d'où elle reviendra sous forme de supplément les jours de basses eaux. On a ainsi un moyen économique, puisqu'il n'y a que les frais d'installations des pompes d'emmagasiner une réserve d'énergie, énergie provenant des différentes usines de la société qui leur sera renvoyé ensuite au moment de l'étiage et contri-

buera ainsi à améliorer la constance de la production, donc le prix de revient.

Ces remèdes : régularisation du débit, mise en commun des productions de force, pompage, sont à l'heure actuelle à peu près les seules améliorations entrevues à l'emploi de la houille blanche. Aussi depuis quelque temps, des recherches ont été faites dans une voie toute différente que nous n'avons pas encore examinée : nous voulons parler de l'utilisation des marées..

Si nous nous en tenions à l'opinion de M. Jules Séverin, il n'y aurait pas de doute que l'emploi de la mer nous donnerait une énergie remarquablement bon marché. Dans son livre si intéressant : « Toute la chimie minérale par l'électricité », publié en 1910, cet auteur dit, notamment : « Je crois que cette
« question (utilisation des marées) peut être main-
« tenant considérée comme résolue, et que rien
« n'empêche d'imiter ce que font les Etats-Unis à
« Rocklandon ou M. Bouchard à Royan par un des
« plus ingénieux systèmes. Attendre plus longtemps
« avec une hauteur de flux et de reflux aussi avan-
« tageuse que celle que nous avons dans la Manche,
« puisqu'elle dépasse de plus du double celle de tou-
« tes les côtes connues, serait donner à d'autres l'idée
« de s'y installer à notre place et la France en au-

« rait plus tard un regret éternel. Français, c'est le
« plus beau joyau de notre couronne ne le laissons
« pas échapper. D'autres le guettent déjà ; ne le cé-
« dons pas à vil prix, ne le cédon's même en aucune
« façon ! soyons jaloux de le conserver et de l'uti-
« liser pour nous et d'en tirer toutes les merveilles
« que l'électricité peut produire : éclairage, chauf-
« fage, force motrice et produits, et de les répandre
« dans notre pays. »

Il est certain que devant un tel lyrisme on pour-
rait se croire en présence de la panacée universelle,
mais de l'avis de l'amiral Amet, qui a étudié très
complètement la question dans une série d'articles
de la « Revue générale de l'Electricité » en 1920, il
résulte qu'il faut compter que le prix de revient du
kilowatt sera de l'ordre de 0 fr. 45 (Il est de l'ordre
de 0 fr. 05 dans les Alpes) et cela dans un cas excep-
tionnel et à condition que plusieurs organes de ma-
chine soient fortement perfectionnés.

M. Morin, à la suite de nouvelles études publiées
dans la même revue en 1921, estime que le prix du
kilowatt moyen installé reviendrait à 10.000 francs
grand minimum « prix peu compatible, ajoute-t-il,
avec une exploitation lucrative ».

Malgré ce peu d'encouragement, on sait que
l'Etat français a décidé de créer une station maré-

motrice à l'Aber-Vrac'h (Finistère). Dans le projet de loi relatif à cette création, il est prévu que l'Etat souscrira dans la société constituée pour l'exécution et l'exploitation de cette entreprise pour 10 millions d'actions sur un capital de 15 millions. En réalité il s'agit d'une subvention à fonds perdus car le rapporteur de la commission des mines à la Chambre des Députés, M. Charlot, à la suite de différents calculs techniques qui n'ont pas été contestés, est arrivé à la conclusion qu'une partie du capital, s'élevant à environ 5 millions de francs, ne pourrait être rémunérée et pourtant dans la région de Brest l'électricité se vend jusqu'à 1 fr. 50 le kilowatt.

Devant des avis aussi différents donnés par des gens d'égale valeur, nous nous abstiendrons de conclure : l'avenir dira qui a raison.

Ainsi donc, autant qu'il est possible de le prévoir, aucune invention ne viendra modifier l'exploitation des chutes d'eau dans de telles proportions que les prix pratiqués aujourd'hui puissent être abaissés d'une façon sensible. Pourtant l'industrie hydro-électrique est si jeune, les progrès ont été si constants et si rapides, que l'on ne peut s'empêcher de penser que les travaux de nos savants et de nos ingénieurs aboutiront à de nouvelles découvertes qui transformeront cette industrie.

Mais ne comptons pas trop sur le merveilleux, le présent est déjà appréciable, les progrès s'arrêteraient-ils à cette étape, que le but atteint serait déjà magnifique et les possibilités encore importantes.

*Diminution du prix de revient
du kilowatt-thermique*

La diminution du prix de revient du kilowatt-thermique peut être produite par quatre facteurs différents :

- a) Diminution du prix du combustible ;
- b) Meilleure utilisation des calories, c'est-à-dire amélioration du rendement.
- c) Diminution des frais de premiers établissements du kilowatt-thermique.
- d) Utilisation des combustibles pauvres.

La diminution du prix du combustible est à l'heure actuelle la grosse question puisque, comme nous l'avons vu précédemment, le prix du charbon est passé de 20 fr. 50 avant guerre à 74 francs en 1922, en passant par les prix de 100, 230, 330 francs, et que dans les installations actuelles le prix du charbon entre pour 60 o/o dans le prix de revient de l'énergie électrique.

Mais la question de diminution du prix du charbon n'est pas facile à résoudre, de bons esprits parmi les meilleurs ont essayé de prévoir et se sont radicalement trompés. C'est que nous entrons dans une question de politique économique générale et il est si facile de se fourvoyer...

On peut, en effet, considérer la question du charbon comme essentiellement liée aux salaires. Sur cette question simple vient ensuite se greffer une question de politique. Les mines du Nord ayant subi la dévastation systématique des Allemands, la production française est loin de suffire à la consommation, aussi l'Allemagne a-t-elle été condamnée par le traité de paix à nous livrer des quantités assez fortes de charbon ; jusqu'à présent, elle l'a fait aussi irrégulièrement que possible. Peut-on prévoir que dans l'avenir elle se montrera pleine de bonne volonté à remplir ses promesses ?... Cela c'est une autre question.

Et tant que le charbon manquera, l'offre étant inférieure à la demande, les prix augmenteront. C'est ce qui explique le brusque saut des charbons en janvier 1923 où par suite de notre occupation de la Ruhr l'Allemagne ne nous a plus fourni une tonne de combustible.

L'Angleterre pourrait nous approvisionner mais

avec le taux du change le charbon revient à un prix prohibitif. Donc de quelque côté que nous nous tournions, sans tenir compte de la question politique avec l'Allemagne, nous nous trouvons devant cette impasse : pour que le charbon baisse il faut que la vie baisse, c'est-à-dire que notre change s'améliore... Et alors là, point d'interrogation. Reverrons-nous la livre à 25 francs ? Personnellement nous en sommes persuadés et nous estimons l'époque assez peu éloignée, 25 ans peut-être, mais c'est un sentiment car nous croyons à la France, mais peut-on baser des prévisions sur une croyance ? Nous savons bien qu'il est possible, facile même, de démontrer que « mathématiquement » d'ici un nombre restreint d'années la France verra sa monnaie au pair, mais il est non moins facile de démontrer aussi « mathématiquement » le contraire alors ?... Il nous est difficile de conclure, et, tout en souhaitant d'une façon très ardente que le prix du charbon revienne à un taux d'avant-guerre, nous sommes obligés de nous tourner d'un autre côté pour chercher les possibilités certaines de diminution du prix de revient du kilowatt-thermique.

Nous avons un second moyen de diminuer ce prix de revient, c'est d'améliorer le rendement des machines thermiques. Nous ne reviendrons pas sur

le mauvais rendement des machines à vapeur. Ce rendement a été déjà considérablement amélioré, il ne faut pas oublier pourtant qu'il est impossible de le porter à 100 o/o nous ne referons pas cette démonstration qui se trouve dans tous les livres de thermo-dynamique. Mais les rendements actuels sont loins des rendements théoriques possibles et laissent une large marge aux améliorations.

La première amélioration a été l'installation des super-centrales. Nous avons vu en effet que lorsque la puissance totale décroît, le prix de revient décroît très rapidement et il ne faut pas supposer, devant les installations colossales faites à l'heure actuelle, que nous arrivons au maximum. Gennevilliers avec ses 250.000 chevaux, ne représente qu'une étape puisque la direction, l'usine à peine terminée, envisage le doublement de la force produite, d'ici deux ou trois ans et regrette de n'avoir pas prévu plus grand...

Des améliorations peuvent se produire aussi dans l'utilisation de la chaleur et de la vapeur mais nous entrons dans le domaine technique et rien ne permet de prévoir une réforme radical faisant baisser d'une façon sensible le prix de revient.

Enfin le troisième moyen de le diminuer n'a été indiqué en somme que pour mémoire car il entre

pour bien peu de chose dans le prix total. L'installation est comptée à Gennevilliers à 600 francs par cheval pour les 250.000 HP installés et ressortira à 550 (prix inférieur à celui de l'avant-guerre) lorsque les installations prévues seront complètement terminées ; on ne peut réellement pas espérer le voir réduire beaucoup.

Nous voyons donc qu'aucun progrès sensible ne peut être attendu des remèdes précédents sur le prix de revient du kilowatt-thermique mais il est un point que nous n'avons pas encore examiné et qui lui, semble devoir apporter la solution. Nous voulons parler de l'utilisation du combustible pauvre.

Les Allemands, toujours à l'affût d'un meilleur emploi des produits de leur sol et de leur sous-sol, manquant à peu près complètement de houille blanche et ne voulant pas consacrer à la production d'énergie électrique une partie de leur charbon dont ils avaient grand besoin par ailleurs, ont été dans cette voie des précurseurs.

Ils avaient parmi leurs richesses minières de grosses ressources en lignite et en tourbe, deux produits brûlant assez bien dans des foyers spéciaux, mais dont le mauvais rendement calorifique empêchait l'envoi à distance ; le poids mort transporté pour produire une calorie eut été considérable par

rapport à celui de charbon. Ils ont alors établi sur les exploitations de lignite ou de tourbe des usines à vapeur possédant des chaudières brûlant, avec un maximum de rendement, le combustibel sorti de la mine. Ils ont pu créer ainsi des centrales électriques de 150.000 à 200.000 kilowatts qui fournissent de l'électricité à un prix très bas, plus bas même que celui de certaines de nos centrales hydrauliques.

Pourquoi ne ferions nous pas ainsi en France ? Un peu partout dans notre pays, et en particulier **dans les Alpes**, (nous en parlons parce que nous connaissons mieux la région) se trouve du lignite ou du mauvais charbon. Tous ces gisements ont du reste été exploités au moment où le charbon était si cher et l'exploitation a été arrêtée que parce que le transport coûtait aussi cher que le prix de vente au consommateur.

Mais si sur ces mines de combustibles pauvres on installait des centrales thermiques, on pourrait obtenir de l'électricité à un prix très faible et celle-ci pourrait par suite être transportée à un centre de consommation à des prix intéressants.

Il y aurait un avantage à cette production de l'électricité thermique, c'est qu'elle pourrait servir à régulariser l'énergie électrique fournie par l'eau, et là nous arrivons au second système de diminution

du prix de revient c'est-à-dire par « dumping intérieur ».

*Diminution du prix de revient
par dumping*

On pourra tout d'abord nous reprocher ce mot qui par lui même effraie, car dès qu'on le voit apparaître immédiatement vient à l'idée la vexation ou la lésion d'un des consommateurs par rapport à un autre. Pourtant il n'en est rien. Le dumping représente un prix de vente plus fort à un consommateur qu'à un autre et cette différence dans le prix de vente n'entraîne pas toujours une lésion. Nous avons prouvé au début du chapitre, et nous n'y reviendrons pas, que cette différence de vente peut très bien se faire au profit des deux consommateurs chacun y trouvant son intérêt.

Si, en effet, le consommateur payant le plus cher, c'est-à-dire, en la circonstance, celui qui se sert de l'électricité comme éclairage n'avait pas l'électro-chimie comme co-consommateur, il serait obligé d'assumer à lui seul les frais considérables d'amortissement du matériel, salaire des employés, etc., etc., et ce, pour une période de consommation excessivement court, l'électro-chimie consommant sans augmentation presque de dépense une très gros-

se partie de l'énergie produite peut obtenir les tarifs excessivement bas, sans lesquels elle ne peut vivre, et qui, néanmoins, paient une bonne partie des frais. On voit donc que ce dumping n'a rien qui doive nous effrayer et qu'au contraire tout le monde doit l'accueillir avec joie.

Mais ce moyen, comment le mettre en pleine vigueur ? comment l'établir pour en obtenir le plus de fruits ? Nous entrons là en plein dans l'avenir qu'il nous soit donc permis d'exposer nos conceptions, appuyées du reste sur l'opinion de techniciens distingués comme M. Le Verrier ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, et basée aussi sur les grandes lignes esquissées dans la loi du 16 octobre 1919, autorisant la création de réseaux de transport d'énergie électrique à haute tension.

Cette loi a été inspirée à ses auteurs par le désir de mettre à la disposition de notre industrie, de l'énergie en abondance et à bon marché.

Le seul moyen en effet de résoudre le malaise économique que nous subissons depuis bientôt trois ans est l'augmentation de l'offre sur le marché mondial. D'où le besoin qui s'est fait jour chez nous (et ailleurs, puisque la crise que nous subissons n'est pas propre à notre pays) d'augmenter les moyens de production et d'échange.

Mais comment atteindre ce résultat avec une extraction de houille déficitaire et une main-d'œuvre raréfiée dans certaines régions tout au moins ? Par l'emploi généralisé de l'électricité qui permettra d'économiser le combustible noir et de remplacer le manœuvre par la machine. Ceci ne se fera toutefois qu'à condition d'organiser la production et de faciliter le transport de l'énergie aux lieux d'utilisation. Qu'est-ce à dire ? L'organisation de la production d'énergie électrique comporte, en premier lieu le choix de la source la plus favorable et la plus favorablement située : ici l'on utilisera le charbon, les lignites ou la tourbe ; là, les gaz de hauts fourneaux, ailleurs les chutes d'eau. Le courant pouvant être transporté à de grandes distances, à l'aide de cables et sans qu'il en résulte des installations trop coûteuses de matériel et de personnel, l'usine génératrice sera édifiée sur le carreau des mines le long des voies navigables ou dans les ports. La concentration de la production ayant donné des résultats probants, les stations seront peu nombreuses et puissantes. Enfin, pour améliorer le facteur de charge de chaque usine et utiliser l'énergie disponible à certaines époques de la journée ou de l'année, les centrals hydrauliques et thermiques seront jonctionnées entre elles et équipées de telle sorte qu'elles

pourront échanger leurs excédents. On peut espérer obtenir de la sorte le kilowatt à meilleur compte.

C'est en parlant de ces principes que M. Le Verrier, l'éminent ingénieur des Ponts et Chaussées dont nous avons cité le nom plus haut a esquissé la carte reproduite dans la « Revue générale de l'Electricité » du 17 septembre et donnant l'allure générale du réseau futur de distribution électrique en France.

Le Conseil Supérieur des Travaux Publics a élaboré un plan méthodique d'aménagement de nos forces hydrauliques. Ce plan d'aménagement ne se perd pas en de vagues espérances ; c'est une suggestion nette et ordonnée que le Conseil Supérieur, organe d'étude, présente au Parlement et aux Pouvoirs Publics, organe de décision et d'exécution, ce plan résume clairement deux emplois immédiats de la houille blanche :

a) L'électrification des chemins de fer qui produira une économie annuelle de 3 millions de tonnes de charbon pour 8.000 km de voies exploitées.

b) La mise en œuvre des hauts fourneaux électriques.

Voilà le principe.

Les moyens suggérés sont résumés ci-après :

a) Tendre à la centralisation pour éviter la dispersion exagérée de la houille blanche.

b) Constitution des capitaux nécessaires aux industries hydroélectriques avec le concours du Crédit Foncier « qui devrait faire très large la part des prêts hypothécaires fondés sur les chutes du domaine public et du domaine privé ».

c) Participation de l'Etat aux entreprises comme actionnaires, « de façon à en mieux apprécier les risques et les difficultés ».

d) Admettre enfin que l'Etat entreprenne lui-même, en raison de son caractère permanent, « les « travaux propres à régulariser le régime des eaux, « construire lui-même ou, au moins, subventionner la construction des grands réservoirs de régularisation ».

Notre manière de voir est aussi celle du journal « Le Four Electrique » qui terminait un article : « La situation géographique des usines électro-chimiques » (1) par ces lignes que nous pouvons adopter comme conclusion de notre chapitre :

« Lorsqu'on fonde une usine électro-chimique « au pied d'une chute d'eau (nous ajouterons sur « une mine ou n'importe où ailleurs), il ne faut « jamais perdre de vue qu'un jour ou l'autre cette « industrie peut disparaître ou réduire notablement « sa production et que, pour éviter la ruine, le cou-

(1) Le Four Electrique du 15 décembre 1922.

« rant électrique disponible doit pouvoir trouver des
« débouchés dans le rayon où son transport est éco-
« nomiquement possible.

« C'est là un précepte que nous avons toujours
« soutenu depuis longtemps dans ce journal. Nous
« n'avons même cessé de proclamer qu'il ne faut pas
« attendre les difficultés pour le mettre en pratique.
« Dès l'origine de la fondation d'une usine hydro-
« électrique, on doit faire deux parts du courant pro-
« duit : l'une employée sur place affectée à une in-
« dustrie comportant d'inévitables aléas ; l'autre
« transportée au loin et donnant par des contrats
« de longue durée, une sécurité de rendement à l'en-
« treprise.

« Vouloir enfreindre ces principes c'est s'expo-
« ser à de graves dangers pour l'avenir. C'est pour-
« quoi la chute d'eau n'a pas toujours nécessaire-
« ment une valeur en elle-même. Il en est de très
« puissantes par le monde qui ne sont pas utilisées
« et ne le seront vraisemblablement pas de long-
« temps, parce qu'on ne saurait pas quoi faire de
« l'énergie électrique qu'elles fourniraient même à
« bas prix. »

CHAPITRE IV

L'électro-chimie et l'électro-métallurgie

Industrie de Concentration

Lorsque nous énonçons comme titre de chapitre « L'industrie de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie est par sa nature prédisposée à la concentration », nous pouvons paraître aux lecteurs, soit comme un descendant de feu M. le Chevalier de La Palisse, soit comme quelqu'un qui ne sait pas très bien ce qu'il dit, qui se contredit à quelque dix pages de distance. Pourtant il n'en est rien et nous allons essayer de nous expliquer.

Dans les chapitres précédents, nous avons montré le succès de plus en plus grand de cette industrie ; nous croyons pouvoir avancer, sans crainte d'être contredits, que l'électro-chimie et l'électro-métallurgie font partie de la grosse industrie, soit au point de vue force employée, soit au point de vue

capitaux investis, soit même au point de vue nombre d'ouvriers, quoique le machinisme se soit développé d'une façon colossale et que, eu égard à la force utilisée, l'électro-chimie est l'industrie employant de beaucoup le moins de main-d'œuvre.

Or, quelle est à l'heure actuelle la marque caractéristique de la grande industrie moderne ? sans être un « économiste distingué », on peut répondre immédiatement : la concentration. Il suffit en effet de regarder autour de soi, de lire les journaux pour voir à quel point l'intégration fait partie de la méthode de travail de toutes les grandes entreprises, l'intégration verticale, aussi bien du reste que l'intégration horizontale. Or, en plus des raisons qui poussent l'industrie en général à l'intégration verticale et horizontale, l'électro-chimie en possède de particulières de se concentrer en entreprises mammoth comparables aux autres grandes créations du génie humain.

En plus des avantages ordinaires de concentration : diminution des frais généraux par suite de la réduction du personnel de direction ; achats à des prix spéciaux résultant de l'importance des commandes ; vente dans des conditions meilleures par une entente plus facile entre un petit nombre de producteurs, et par la formation de cartels ou de comp-

toirs, en plus de tout cela, l'électro-chimie possède des raisons spéciales de concentration.

Lorsque nous avons étudié le régime des chutes d'eau, nous avons vu que l'irrégularité de leur débit était la chose la plus remarquable et aussi la plus néfaste... Nous avons vu d'autre part que l'électro-chimie pour subsister, serait obligée de vendre du courant, donc d'avoir un régime aussi constant que possible, or ceci n'était pas réalisable par une usine isolée malgré les barrages et les réserves d'eau, ou alors cela entraînerait des dépenses considérables et hors de proportions avec le but cherché. Il fallait donc trouver une solution. Plusieurs peuvent être étudiées.

1° Associer par exemple, une usine de plaine et une usine de montagne, la première ayant son étiage en été au moment où la seconde est à son plus fort débit et vice versa. Mais les deux usines ne sont et ne peuvent être proches l'une de l'autre ; La ligne de force qui les relie coût très cher, elle ne paiera que par un transport important, ce transport sera d'autant plus considérable et aussi plus constant qu'il proviendra d'un nombre d'usines plus grand chacune pouvant corriger par suite de conditions spéciales dues à la disposition des vallées ou à la confi-

guration du terrain les différences pouvant survenir dans le groupe.

2° Une autre formule plus heureuse à notre avis est la suivante, elle permet d'avoir un débit sensiblement constant, et surtout d'utiliser avec rendement appréciable toute la puissance, si irrégulière soit-elle. Nous en avons dit déjà quelques mots au cours de notre étude. Supposons un groupe d'usines situé dans une même région montagneuse et appartenant à la même société. Il est facile de trouver dans le domaine hydraulique de cette société un lac, naturel ou artificiel, qui fera fonction de volant. Au printemps et au début de l'été, le lac se remplit, les eaux sont abondantes partout, les usines marchent avec le maximum de force, celle qui utilise les eaux du lac étant arrêtée. Vers la fin de l'été la neige est fondue à peu près partout, la force totale du groupe commence à baisser, on met en marche l'usine du lac pour maintenir le courant. Jusqu'ici rien d'anormal, mais voici où la solution devient intéressante : supposons qu'un orage éclate dans le bassin d'une des usines. Pendant deux jours la rivière coulera à plein bord, cette eau elle-même ne sera pas perdue, car s'il n'est pas intéressant de mettre en route une fabrication pour un jour ou deux, on peut en quelques minutes ouvrir la vanne d'une turbine et uti-

liser l'eau à produire de la force électrique qui ne coûtera absolument rien. Cette force servira à mettre en marche des pompes qui refouleront de l'eau dans le lac de façon à mettre des HP en réserve, HP qui auront une valeur plus grande au moment des étiages et qui n'auront coûté que l'amortissement du matériel destiné à les stocker. Cette installation n'est possible que pour un groupe d'usines assez puissant, pour supporter les frais de premiers établissements qui sont considérables, et assez réparti dans différentes vallées, pour profiter de toutes les chutes de pluie occasionnées par la diversité des climats et des expositions. Et cette installation « paye » parce que l'eau est prise au niveau de l'usure en communication directe avec le lac, mais elle travaille au retour non seulement dans les turbines de cette même usine mais aussi dans celles installées sur tout le parcours de la rivière : on l'élève par exemple de 200 mètres pour qu'elle puisse travailler sur la hauteur de sept à huit cents mètres.

La cause particulière à l'industrie électro-chimique qui en fait une des industries de concentration est donc identification avec l'industrie hydro-électrique. Cette identification provient de l'intégration verticale qui se fit dès les premiers jours de son existence, car dès les premiers jours, l'électro-chi-

mie a été obligée de créer sa force électrique : elle n'aurait pas pu vivre, s'il lui avait fallu acheter son courant tandis que ayant celui-ci à bas prix elle a pu se développer de la manière qui fait notre admiration à l'heure actuelle. Et, ayant vu les avantages qu'elle pouvait tirer de l'intégration, il est tout naturel qu'elle ait cherché à continuer dans cette voie et après avoir à sa naissance fait de l'intégration verticale, cherché à faire de l'intégration horizontale.

L'industrie hydro-électrique est par sa nature même prédisposée à la concentration : la concentration peut se manifester de plusieurs manières :

Soit par une absorption pure et simple.

Soit par l'acquisition des actions d'une société par une autre société les deux entreprises restant distinctes.

Soit par ce que les Américains appellent le « contrôle » qui n'est qu'une variation de la précédente forme. Il arrive souvent que deux sociétés présentent une certaine connexité, soit du fait d'administrateurs communs, soit par des participations dans le capital.

Mais souvent aussi la concentration se produit par le besoin d'amoindrir les frais généraux moins élevés en proportion dans une grande entreprise

que dans une petite, ou par le besoin de s'agrandir pour répondre aux besoins d'une clientèle.

Dans un article intéressant M. Caubone après avoir étudié la concentration des entreprises pendant la guerre arrivait aux conclusions suivantes :

a) Dans la plupart des cas, le capital de la société absorbante est plus important que celui de la société absorbée.

b) Dans 19 cas d'absorption (sur 68 envisagés) les sociétés absorbantes et absorbées avaient entre elles des liens étroits.

c) 28 cas d'absorption, sans compter les interventions des banques, ont été motivés par un besoin d'extension, ou la nécessité d'abaisser les frais généraux par la production directe de la force motrice ou de matières nécessaires à la fabrication.

d) Dans le plus grand nombre de cas, les sociétés absorbantes et absorbées étaient en bonnes postures financières. Lorsqu'il en est autrement, l'absorption donne, en général, de mauvais résultats.

e) La concentration pendant ces cinq dernières années s'est particulièrement fait sentir dans les entreprises d'électricité, de produits chimiques et de banques.

M. Caubone donne encore des tableaux très in-

intéressants sur la fusion des entreprises industrielles, nous ne les reproduirons pas.

Il existe plusieurs méthodes de concentration. Dans les entreprises d'électricité, nous ne trouvons, en général pas la concentration proprement dite, c'est-à-dire la fusion de plusieurs sociétés en une seule. Nous trouvons plutôt le « contrôle » américain, c'est-à-dire la soumission de fait, à une direction unique, de plusieurs affaires qui, apparemment, semblent indépendantes.

La raison caractéristique de ces fusions semble devoir être trouvée dans la difficulté qu'éprouve chaque entreprise, considérée isolément, de satisfaire aux besoins variables de la consommation. Lorsque le contrôle est établi, les différents réseaux qui s'entchevêtrent, cherchent à se donner une aide mutuelle, leur permettant d'utiliser pour le mieux l'énergie produite, en répartissant entre les différentes sources, qui n'ont pas toutes leurs pointes de consommation ou d'énergie au même moment, un supplément de force dont chacune prise isolément, n'a pas l'emploi d'une façon régulière.

Depuis 1914 nous assistons à la disparition progressive des petites entreprises hydro-électriques, ces petites stations sont placées sous le contrôle de puis-

santes sociétés, qui cherchent plutôt à se soutenir et à fusionner qu'à se combattre.

Dans le Dauphiné il y a une quinzaine d'années on pouvait compter une dizaine d'entreprises de distribution de force et de lumière ; aujourd'hui deux puissantes sociétés subsistent seules en nom, toutes les petites stations ayant été englobées, et ces deux puissances sont : la société Force et Lumière et la société de Fure et Morge.

Encore est-il bon d'ajouter que des pourparlers ont été engagés pour la réunion de ces deux groupes ; les pourparlers ayant aboutis, chacune de ces sociétés, ci-dessus mentionnées, a apporté sa souscription d'actions à un groupement qui les englobera.

Et nous arrivons au deuxième reproché que l'on peut nous faire de nous contredire à quelques dix pages de distance, nous dirons dans le prochain chapitre traitant des modifications géographiques et sociales apportées par l'électro-chimie que l'industrie hydro-électrique par suite de la division très facile de la force qu'elle peut vendre, tend à amener un renouveau du petit atelier et même de l'atelier familial. Mais lorsque nous avons envisagé plus haut l'existence de centrales ou même de groupes de centrales vendant ainsi au dehors la plus grosse partie de leur énergie, nous avons de suite pensé pour l'uti-

lisation du reste de cette énergie, et en particulier de la portion irrégulière due aux hautes eaux, nous avons disons-nous pensé à l'usine électro-chimique ou électro-métallurgique dont les fabrications seront assez élastiques pour se soumettre aux irrégularités, et dont les prix de revient s'ils sont un peu alourdis par ces irrégularités seront allégés, d'autre part, par le prix presque nul de l'énergie.

Cette usine, nous la prévoyons importante, alimentée par un grand nombre de centrales appartenant à une grosse société. Plus ce nombre sera grand, plus les irrégularités de courant seront faibles, sans que le prix de l'énergie en souffre. Plus donc le coût de cette énergie sera bas, plus la lutte sera facile avec la concurrence étrangère.

Pour appuyer notre théorie et essayer de voir plus intimement les preuves de ce que nous avançons, nous allons étudier le développement d'une société d'électro-chimie fondée en 1889 par deux des créateurs de cette science, MM. Gall et de Montlaur. Elle était à cetet époque au capital de 600.000 francs, à l'heure actuelle après absorption de différentes sociétés, elle a sous le nom de « Société d'Electro-Chimie, d'Electro-Métallurgie et des Aciéries Electriques d'Ugine », groupé une quinzaine d'usines et son capital actions s'élève à 60 millions.

Voici l'histoire de cette société : En 1889, le 2 août, se fondait rue Bergère, sous la raison sociale « Société d'Electro-Chimie », une société au capital de 600.000 francs, divisé en 120 actions de 5.000 fr., ayant pour but la production du chlorate de potassium, d'après la méthode découverte et mise au point par MM. Gall et de Montlaur. Une bonne partie de cet argent avait été fourni grâce au concours d'une banque suisse, l'usine principale devant se faire dans ce pays. En France, cette société ne comptait pas développer pour le moment la production de l'usine de Villers-Saint-Sépulcre suffisante pour le marché français. C'était dans cette dernière usine que les inventeurs avaient mis leur procédé au point d'une façon industrielle.

En 1890, l'usine de Vallorbe (Suisse), était mise en marche, la première moitié le 26 juin, la seconde en octobre.

La première vente eut lieu en septembre. Malgré le peu de durée de l'exercice social, un dividende de 2 1/2 o/o était distribué aux actionnaires pour cette année-là.

En 1891 une augmentation de capital s'imposait déjà étant donné l'activité de la société. Il fut porté à 850.000 francs et on créa des obligations.

Pour l'exercice 1892 le dividende fut de

10 1/2 0/0 et devant l'augmentation de la demande et l'extension de la nouvelle industrie on construisit une nouvelle usine à Saint-Michel-de-Maurienne, et pour ce faire le capital fut doublé et porté à 1.700.000 francs.

On remarquera le peu d'importance des sommes empruntées en égard aux travaux exécutés, cela tient aux amortissements considérables qui furent appliqués constamment malgré une distribution de dividende de 10 1/2 0/0. Cette manière de procéder fut du reste systématiquement continuée.

En 1894, devant l'augmentation de l'importance de la société et pour éviter que le capital social ne se trouve engagé sur un seul produit le Conseil d'administration résolut d'étudier de nouvelles fabrications.

En 1895-96 la société commençait la fabrication du persulfate de soude et du carbure de calcium, et afin d'augmenter la diversité de ses fabrications, elle prenait des intérêts et pour mieux dire aidait à la fondation de la Société des Carbures métalliques pour l'exploitation des brevets que M. Bullier avait pris après les études de Moissan sur le four électrique.

En 1898 le capital était de nouveau doublé, afin d'augmenter la capacité de production de ses deux usines. Cela ne suffit bientôt plus et en 1900 la so-

ciété louait l'usine des Clavaux où elle installait la fabrication du sodium et du peroxyde de sodium. En 1903, nouvelle usine créée à Saint-Fons, près de Lyon, pour la fabrication des cyanures.

Enfin, en 1906 de nouveaux travaux furent entrepris qui ne purent être payés avec les seules réserves et amortissement. On fut obligé de porter le capital à 4.500.000 francs et de créer 2.800.000 fr. d'obligations.

Il est intéressant de voir dans le rapport du Conseil d'administration les raisons qu'il donne pour justifier cette augmentation. Voici ce qui fut exposé à l'assemblée générale du 31 mars 1906 :

« Notre société fondée en 1889 a été, nous
« croyons pouvoir l'affirmer, la première entreprise
« créée en vue d'appliquer les forces naturelles à
« l'industrie chimique... Le 21 mars 1898 vous dé-
« cidiez de porter le capital de 1.700.000 à 3.400.000
« nous avons pu, grâce à cette mesure développer
« sensiblement la fabrication des chlorates et nous
« attacher à l'industrie du sodium et du peroxyde
« de sodium. En 1904 nous acquerions la force mo-
« trice de Martigny... Les travaux commencés de-
« puis le printemps de cette année ont été poursui-
« vis très méthodiquement et l'acquisition succes-
« sive de nouveaux droits sur les affluents supé

« rieurs de la Drause nous amènera à construire à
« Martigny la plus importante des usines de la so-
« ciété... A côté de la mise en valeur de la chute
« de Martigny pour laquelle nous avons en vue
« deux applications spéciales nous vous avons indi-
« qué que nous avons également le projet de tirer
« parti le plus complètement possible de la force mo-
« trice de l'usine de Saint--Michel établie à une épo-
« que où il semblait qu'on fut bien éloigné de pou-
« voir l'utiliser complètement. Nous trouverons dans
« une augmentation de cette usine de meilleures
« conditions d'exploitations et nous sommes assurés
« de l'emploi immédiat du supplément de force mo-
« trice dont nous allons provoquer la création...

» ...Pour assurer le fonctionnement de a nou-
« velle fabrication (aluminium) il nous faut une
« matière première que nous ne pouvions obtenir à
« Saint-Michel dans des conditions avantageuses.
« Après une étude approfondie il nous a paru néces-
« saire d'acquérir dans la banlieue de Marseille, à
« La Barasse, un domaine d'environ 6 hectares, peu
« éloigné de la voie ferrée et traversé par le canal de
« la Durance. C'est sur ces terrains que nous comp-
« tons élever la nouvelle usine dont les études sont
« achevées et dont nous commençons la construc-
« tion d'accord avec vous. »

En 1908 nouvelle augmentation de capital pour l'achat de l'usine de Villers qui jusque là avait été louée. En 1909 nouvelles fabrications et en 1912 nouvelle installation d'usine à Fully (Suisse), passation de contrat pour vendre de la force à la société Romande d'électricité et prise d'intérêt dans la société de l' « Aluminium français ».

Survint la guerre : de nouvelles fabrications furent installées, entre autres celle du chlore, et c'est ce qui amena la fusion de la Société « La Volta » avec la Société d'Electro-Chimie, le rapport des commissaires aux apports nous donne les raisons de cette fusion :

« Votre Conseil vous a dit qu'il avait mis notre
« société à la disposition du ministère de la Guerre
« pour établir les fabrications nécessaires à la Défense nationale. L'une d'entre elles a entraîné une
« installation assez importante pour laquelle votre
« société s'est entendu avec La Volta dont les établissements, le matériel et la force hydro-électrique pouvaient être employés immédiatement à cet
« effet. Des rapports s'établirent ainsi entre les deux
« sociétés, comme la fusion projetée antérieurement
« entre La Volta et la société anonyme des anciennes
« salines domaniales de l'Est n'avait pu par suite de
« la guerre, se réaliser, l'idée est venue aux deux

« parties en présence de reprendre entre elles les
« pourparlers. Ils ont abouti sur les bases que nous
« examinons à ce moment. »

A la suite de cette fusion le capital fut porté à
10.750.000 francs.

En 1918 ce capital fut porté à 18.000.000 francs.

1919 voit la construction d'une nouvelle usine
à Pierre-Bénite pour remplacer celle de Saint-Fons,
devenue trop petite, une augmentation de l'usine de
la Barasse, une prise d'intérêts assez considérable
dans une mine de potasse d'Alsace et dans la so-
cété des forces motrices de la Garonne, enfin la fu-
sion avec la société électro-chimique du Giffre et la
société des Carburés métalliques.

Le rapport du Conseil d'administration à l'as-
semblée générale extraordinaire qui décida de cette
fusion est intéressant à consulter.

« Lors de votre réunion en assemblée générale
« ordinaire, nous vous avons indiqué la nature des
« préoccupations qui nous avaient conduits à étu-
« dier l'organisation d'un groupement industriel
« plus puissant, en vue de répartir notre activité sur
« un plus grand nombre de produits et de concen-
« trer certaines fabrications dans une même usine.
« Jamais en effet, les conditions de travail n'ont été

« aussi difficiles et nous sentons chaque jour davantage le besoin de nous fortifier. »

La nouvelle société prenait le nom de société d'électro-chimie et d'électro-métallurgie et elle était au capital de 35.000.000 de francs.

En 1920 de nombreuses fabrications furent ajoutées pour ne citer que la principale, ce fut la fabrication de l'acide fluorydrique, d'oxygène et hydrogène comprimés, de carborandum, de magnésium, la création d'un atelier de graphitisation des électrodes, de fours à chaux, etc., etc...

Et nous arrivons à l'année 1922, date à laquelle eut lieu la fusion entre la société d'électro-chimie et d'électro-métallurgie et la compagnie des forges et aciéries électriques Paul Girod ; à l'assemblée générale extraordinaire du 18 janvier 1922 des actionnaires de la première société le Conseil d'administration s'exprimait ainsi :

« En raison même de l'importance de notre industrie, nous avons été particulièrement frappés
« par une crise dont l'intensité s'est accrue au cours
« de l'année 1921, et il nous a semblé plus nécessaire encore de poursuivre dans nos industries un
« programme de concentration susceptible d'améliorer les prix de revient, d'assurer le développement des produits de consommation nationale et

« l'utilisation très rationnelle d'installations d'énergie hydro-électrique existantes.

« La saison particulièrement rigoureuse qui vient d'affecter à un si haut degré la marche de toute l'industrie de la houille blanche a mis plus que jamais en évidence l'importance de la régularisation...

« Une Commission mixte a été formée pour étudier une situation intéressante au double titre hydraulique et métallurgique.

« Les résultats des études de la Commission ont été . D'une part il lui a été possible d'envisager l'amélioration d'un régime hydraulique commun en faisant bénéficier les installations actuelles de notre société de la régularisation dont nous venons de parler. D'autre part, les usines d'Ugine sont dotées d'un outillage remarquable. »

Après une étude de l'outillage.

« Les établissements d'Ugine comportent également un domaine hydraulique particulièrement intéressant parce qu'il est groupé tout autour d'Ugine et que le débit des stations centrales a pu être régularisé par le lac de la Girotte qui en a amélioré considérablement le fonctionnement

« Nous avons tout lieu de penser que certaines de
« nos usines pourront également bénéficier de cette
« régularisation. »

Enfin, les commissaires aux apports disaient
dans leur rapport :

« Aux commissaires des comptes ordinaires de
« la société d'électro-chimie et d'électro-métallur-
« gie, MM. Albert Benast et Laydernier, l'assemblée
« a cru devoir ajouter M. Eydaux, en vue principa-
« lement des appréciations techniques à apporter
« sur le domaine hydro-électrique de la Compagnie
« des forges et aciéries électriques Paul Girod... Le
« fait que la société d'électro-chimie et d'électro-
« métallurgie possèdera les usines de la Compagnie
« des forges et aciéries électriques Paul Girod lui
« permettra de réaliser une réunion de certaines de
« ses propres usines avec celles de cette dernière so-
« ciété et de pouvoir bénéficier ainsi des avantages
« de groupement ce qu'elle ne pouvait pas faire uti-
« lement jusqu'à présent...

« Au cours de la dernière assemblée générale
« votre Conseil d'administration vous a fait connaî-
« tre que votre société se serait trouvée dans la né-
« cessité de dépenser environ 20.000.000 de francs
« afin de doter ses usines de Savoie du régime hy-

« draulique qui leur est indispensable pour travail-
« ler utilement, or, si la fusion se réalise, il suffira
« d'une dépense immédiate de 5 à 6.000.000 de
« francs pour compléter votre domaine hydro-élec-
« trique de manière à donner satisfaction à ce be-
« soin. »

La fusion fut votée à la resque unanimité ; l'as-
semblée mettait en pratique le conseil que lui avait
été donné :

Voici maintenant un extrait du rapport du Con-
seil d'administration de 1922 :

« Il semble de plus en plus acquis que la vente
« d'énergie électrique doive accompagner les uti-
« lisations industrielles proprement dites et, à cet
« égard, le Congrès de la ligne fluviale qui vient de
« se réunir à Bordeaux, a jeté les bases d'une colla-
« boration plus étroite des compagnies de chemin
« de fer, appelées à établir de grands réseaux de
« transport d'énergie pour leur propre usage, avec
« les usines productrices appartenant à l'industrie
« privée ; il s'agit d'éviter la dispersion des efforts
« dont notre pays a peut-être toujours souffert et
« souffre encore plus que d'autres, et de faire plier
« devant l'intérêt général, des restrictions d'ordre
« administratif qui n'ont pu prévoir les transforma-

« tion dont le monde est l'objet à l'heure présente. »

Pendant toute l'année 1922 ce fut l'organisation de la nouvelle société qui prit le nom de « Société d'Electro-Chimie d'Electro-Métallurgie et des aciéries électriques d'Ugine » ; elle était au capital de 54.350.000 francs.

Une nouvelle fabrication fut mise au point, celle du chloro-benzène intéressante à citer car c'est une nouvelle branche que la société compte exploiter : celle des produits pour matières colorantes qui jusqu'à la guerre avait exclusivement réservée à l'Allemagne. Enfin, de plus en plus les usines furent spécialisées et dès le début cela donna les résultats les plus intéressants et présenta les plus heureuses conséquences.

En 1923 le capital fut porté à 60.000.000 et les travaux d'aménagement de chûtes furent poussés activement. Des contrats furent passés avec la Compagnie du P.-L.-M. pour la vente de courant afin d'électrifier la ligne de Culoz à Modane, de même avec différentes villes parmi lesquelles on peut citer Chambéry, Aix-les-Bains, etc., etc..

A l'heure actuelle cette société a aménagé près de 60.000 à 70.000 HP et elle possède un portefeuille à aménager d'ici quelques années un nombre pres-

que égal de puissance. Elle occupe près de 4.000 ouvriers répartis dans 16 usines en France.

De cet historique rapide on peut tirer quelque conclusion d'ordre général et c'est ce que nous nous reposons de faire en terminant.

La première remarque c'est que du commencement jusque vers la fin, la concentration a été surtout horizontale le nombre de corps fabriqués ont été augmentés petit à petit afin d'assurer plus de stabilité à l'entreprise. Pendant cette première période qui a fait passer cette société de l'état petite industrie à grosse industrie les raisons de concentration ont été celles de toutes les concentrations.

Mais, et c'est notre seconde remarque, ce sont des raisons propres à l'industrie électro-chimique qui ont fait passer cette société du stade grosse industrie au stade d'industrie mammoth. C'est afin d'assurer une stabilisation de la force électrique et permettre la vente d'une quantité de courant assez considérable afin de diminuer le prix du courant fourni à ses propres fabrications que la société d'électro-chimie, d'électro-métallurgie et des aciéries électriques d'Ugine est devenue une industrie mammoth. Cette concentration est donc non seulement pour cette industrie une question d'augmentation des dividendes mais aussi une question de vie ou de mort.

CHAPITRE V

Modification du milieu géographique et social

Commencé vers 1869, le développement de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie n'a cessé de s'accroître à un tel point qu'à l'heure actuelle, d'innombrables usines dont pas une, ou peu s'en faut, n'existait il y a 50 ans, couvrent le sol de nos régions montagneuses, où elles ont amené avec elles, et répandent chaque jour encore, le bien-être et la richesse, retenant par là même dans leurs foyers, des populations que la rigueur du climat et la pauvreté du sol forçaient à s'expatrier.

Et, non seulement ces industries ont enrayé l'exode des indigènes, masi elles ont attiré et attirent annuellement, par l'appât de salaires élevés, dans les communes les plus reculées et d'accès le plus difficile, de nombreux ouvriers étrangers, dont la plupart finissent par s'installer définitivement et par

faire souche... La liste est déjà longue des bourgades, autrefois, hameaux presque ignorés, qui sont devenus aujourd'hui, de ce fait, de gros bourgs, quelquefois de petites villes.

Les applications de l'énergie hydro-électrique sont, en grande partie, fonction du développement économique général des régions productrices de cette force, et cela à deux points de vue :

D'abord, les débouchés immédiats et indirects que fournit la population de ces régions ; ensuite l'abondance des moyens de transports desservant les usines est nécessaire aux fabrications de la houille blanche, pour permettre un écoulement aisé des produits fabriqués et une arrivée facile des matières premières.

« Une population active et nombreuse fournira
« des débouchés immédiats pour l'éclairage et le
« transport, des débouchés indirects pour toutes les
« fabrications entreprises avec l'aide de la force
« électrique. C'est l'accroissement rapide et cons-
« tant des Etats-Unis qui a donné un emploi rémuné-
« rateur à l'énergie sous ses diverses formes et
« assure son développement. »

La région alpestre que nous envisageons donnera une idée générale suffisante pour nous permettre une opinion applicable à l'ensemble du territoire.

Le recensement de 1921 a montré une diminu-

tion des populations de la Savoie et du Dauphiné. Cette dépopulation n'est pas le fait de la guerre ; certes les pertes subies par les régiments recrutés dans ces régions, entrent pour une part dans le résultat final, mais le fait que les actes de l'état-civil accusent actuellement une tendance à un excédant de décès sur les naissances, est le fait d'une dépopulation certaine.

A s'en tenir à cette conclusion, il ne serait guère permis d'entrevoir un débouché ultérieur important de l'énergie hydro-électrique pour l'éclairage et le transport de la population indigène. Mais n'est-il pas permis d'espérer que ces régions, justement à cause de leur richesse naturelle en houille blanche, attireront une population étrangère qui trouvera du travail dans les usines créées ? Cette idée n'est pas du domaine de l'imagination, un phénomène semblable s'est manifesté le siècle passé.

M. Paul Leroy Beaulieu a en effet, écrit : « De
« même que le XIX^e siècle a vu la création de la
« grande industrie le long des terrains houilliers et
« notamment sur la bande qui s'étend du Pas-de-
« Calais français, par la Belgique jusqu'en West-
« phalie. De même le XX^e siècle verra, sans doute,
« une autre grande industrie s'établir au pied des
« Alpes, en France, en Suisse et en Italie. Ce phéno-

« mène se produit déjà, de ns jours, autour des chu-
« tes du Niagara aux Etats-Unis et, en Californie,
« aux pieds des montagnes rocheuses ». M. de la
Brosse, abondait dans le même sens, lorsque parlant
des industries du coton et des autres textiles, il con-
cluait : « Ces industries ont-elles lieu de beaucoup se
« féliciter de n'avoir pas voulu s'éloigner du char-
« bon placé dans notre pays sur la route séculaire
« des invasions ? Qui les empêche de prendre pied
« au pays de houille blanche ? Il y a là une mine
« durable et féconde, capable de satisfaire tous les
« besoins ».

Nous allons étudier dans ce chapitre :

1° La modification de la géographie et des cour-
rants économiques qui résulte de l'emploi de la houil-
le blanche.

2° Les avantages que les communauté peuvent
retirer du passage sur leur territoire de sources de
houille blanche.

1° *Modification de la géographie et des courants
économiques.*

L'innovation la plus considérable de notre épo-
que et la plus riche en conséquences économiques, a
été la mise en œuvre de l'énergie extraite de la ma-

tière inorganique. C'est cette énergie qui, utilisée sous ses formes les plus diverses, force mécanique, chaleur, lumière, électricité, a donné à l'homme les moyens d'entreprendre l'exploitation d'un domaine dont il n'avait pu tout d'abord, qu'entrevoir et à peine entamer les richesses.

Ces forces nouvelles, l'homme les a usqu'ici puisées à une source unique : le charbon. Or, le charbon est très inégalement réparti dans le monde. Seuls, quelques pays, l'Angleterre, l'Allemagne, la France du nord et la Belgique, les Etats-Unis et un petit nombre d'autres en possèdent et l'exploitent. Il en est résulté pour eux un véritable privilège. Ils ont pour ainsi dire, monopolisé l'énergie, l'ont exploitée sur place, ou en ont fait commerce. Cette situation a eu, depuis un siècle, les plus graves conséquences géographiques.

1°) Elle a été la cause la plus efficace de la concentration industrielle. C'est le charbon, source d'énergie, qui a attiré, de toutes les parties du monde, les matières premières, qui a assuré leur transformation en produits manufacturés, destinés à être sous cette nouvelle forme redistribués à travers tous les continents, qui a rassemblé les capitaux, fixé en certaines régions favorisées les usines et la main-d'œuvre. Agissant comme un aimant les mines de

houille ont groupé autour d'elles les grands foyers de la production industrielle, tandis que les pays sans charbon, même les plus actifs et les mieux doués, voyaient leur activité se ralentir, leurs vieilles manufactures se fermer les unes après les autres, leur proudeion industrielle se subordonner à la tyrannie des pays charbonniers.

2°) Et ce n'était pas la production seule qui subissait les effets du monopole charbonnier ; c'étaient aussi les échanges. En alimentant les foyers des machines, la houille assurait la victoire du vapeur sur le voilier, la prépondérance des voies maritimes sur les voies continentales. Mais, surtout, en fournissant à quelques pays privilégiés un frêt de retour très abondant, il leur permettrait d'abaisser dans des proportions inattendues les prix des transports, de battre tous leurs concurrents, de monopoliser dans leurs ports de commerce, de transit et d'entrepôt. C'est parce qu'elle a été le principal, sinon le seul pays exportateur de houille que l'Angleterre, a été, pendant plus d'un siècle, le marché unique de presque toutes les matières premières du globe, du coton, de la laine, du cuivre, de l'étain, du caoutchouc et de mille autres produits. C'est le charbon qui a fixé sur la carte des mers les grandes routes et les grands

courants commerciaux. Le commerce comme l'industrie a suivi la loi du charbon.

Aussi la production et le commerce du charbon, dominant depuis un siècle et demi, la vie économique du globe. Cete fonction prépondérante, le charbon n'est pas près de la perdre. D'abord, il est pour cela trop abondant. Et puis, l'usage qu'on en a fait a créé des habitudes, des intérêts, des groupements, si solidairement organisés et si vivaces qu'ils lui survivraient longtemps, s'il devait un jour disparaître. On ne peut donc s'attendre à voir la houille blanche modifier, du jour au lendemain, un état économique aussi anciennement établi. Elle n'est pas appelée, comme le croient quelques imaginatifs, à révolutionner le monde du travail et de la production.

Mais, d'autre part, il est impossible qu'une source d'énergie aussi abondante et aussi largement offerte à l'homme, que l'est la houille blanche ne fasse une active concurrence au charbon et n'ait une action très appréciable sur la vie économique du monde. Ce sont ces conséquences dont quelques-unes se dessinent déjà, que nous voudrions essayer de dégager.

1°) L'utilisation de la houille blanche a déjà apporté d'importantes modifications à la carte industrielle du monde civilisés. Déjà le privilège des pays

charbonniers se trouve atteint. De puissants groupements industriels cherchent à s'en affranchir et un mouvement de concentration se dessine. Ce mouvement se présente sous deux aspects différents.

D'abord, il tend à constituer des régions industrielles libérées du joug de la houille noire, mais tout aussi concentrées que celles qui se rassemblent aux alentours des puits de mine. Il y a à cet effet des raisons d'ordre général (groupement des capitaux, des voies de communication, de la main-d'œuvre). Mais il y a aussi des raisons particulières. Les centrales productrices d'énergie en vendant à bon compte leurs excédents, en « passant leurs pointes » aux usines électro-chimiques et électro-métallurgiques, exercent autour d'elles une attraction qui ressemble beaucoup à celle que les puits de mines font sentir sur la production industrielle dans les pays charbonniers. Aussi voyons-nous se constituer, sous l'action de la houille blanche, de nouveaux foyers industriels puissamment concentrés. Les plus vigoureux se sont installés en France, dans les Alpes de la Savoie et du Dauphiné ; en Italie sur les lisières montagneuses du Piémont et de la Lombardie ; en Suisse sur le plateau. Dans l'Europe du Nord, la Suède occidentale et les abords du Trollhättan ; en Amérique sur les rives du Niagara et le débouché des vallées

californiennes, au pied de la Sierra-Nevada, sont encore de remarquables exemples de cette concentration des industries dans les régions riches en chutes d'eau.

2°) La déconcentration des anciens foyers peut également s'effectuer au profit de groupes plus restreints, plus éparpillés et pour ainsi dire, plus étalés sur la carte. Grâce à la dispersion et surtout à la facilité avec laquelle on la détaille, la houille blanche favorisera les petites usines, les ateliers isolés des villes, des banlieues et même de certaines campagnes. Les commodités qu'elle offre au travail à domicile ont éveillé des espérances les plus vives dans certains milieux. On y a vu la promesse du retour aux anciennes formes de l'activité industrielle, à l'atelier familial, dans lequel un petit groupe d'ouvriers s'occupent et produisent sous la direction paternelle ou du chef de famille. Et l'on a fondé de grands espoirs sur les conséquences morales et sociales de cette transformation.

Il y a une certaine part d'optimisme dans ces prévisions. La concentration est une nécessité économique dont les effets avaient commencé à se manifester de très bonne heure et que l'emploi du charbon n'a fait que hâter et aggraver. On a montré plus haut qu'ils se font aussi nettement sentir sur les

industries hydro-électriques que sur les autres. Il faut donc être très prudent dans les calculs que l'on établit sur l'application future de l'énergie électrique à l'atelier familial.

On peut cependant admettre qu'elle aura des répercussions appréciables sur l'organisation du travail et qu'elle provoquera, dans le domaine social, comme dans le domaine géographique, une plus égale répartition de l'activité industrielle et peut-être des capitaux qu'elle emploie.

Seulement les effets ne s'en feront pas sentir partout avec la même force, ni de la même manière. Ils varieront avec le prix et l'abondance du courant, avec l'organisation des réseaux, avec le groupement des populations. La diffusion de l'énergie électrique et son utilisation dans les petits ateliers seront d'autant plus faciles dans les banlieues, dans les campagnes, où les habitants sont nombreux et agglomérés en grosses bourgades, où les communications sont faciles, que dans les pays purement ruraux. Dès à présent, on assiste à une renaissance des métiers servis par une famille ou par un petit groupe d'ouvriers. On voit aussi apparaître un nouveau type d'établissement industriels : la petite usine à personnel peu nombreux, installée dans la campagne à proximité d'une gare ou d'un tramway. Telle appa-

raît la région lyonnaise avec ses alentours : les monts du Lyonnais et les plaines du Bas-Dauphiné.

La facilité d'adaptation du moteur électrique a répandu son usage dans des industries très différentes : à Roanne, Lyon et Toulouse, il actionne les machines à coudre ; dans la boulangerie il a permis la diffusion du pétrin mécanique, qui fait le travail si fatigant du mélange des pâtes. En 1917, on comptait déjà plus de 500 pétrins mécaniques à Lyon ; cet emploi s'est également généralisé à Paris, à Bordeaux, Roanne, etc...

Le moteur électrique trouve encore son emploi dans l'industrie à domicile, que les ouvriers des grandes usines préfèrent incontestablement, lorsque leur métier le permet et qui, peut-être, ressusciterait. en France, la si intéressante catégorie des artisans, qui faisaient vivre autrefois les petites industries locales.

Malheureusement, les conditions hygiéniques dans lesquelles vivent les familles d'ouvriers ou d'artisans, sont souvent défectueuses et c'est à une question d'hygiène que vient se heurter le progrès scientifique.

Ajoutons que cette question du travail à domicile n'est pas en honneur auprès des chefs syndicalistes. Voici deux thèses en présence, celle de

M. Jonhaux, et celle que nous trouvons dans « L'annuaire de la Houille blanche » :

Thèse de M. Jouhaux :

« Dans quelques régions de la France, le mo-
« teur électrique est très employé pour les métiers
« à domicile. Des économistes plus enthousiastes
« qu'intelligents ont même cru voir dans cette ap-
« plication du moteur électrique un moyen de trans-
« former la production en favorisant le retour du
« travail à domicile, et il est amusant de lire les
« déductions qu'ils en tirent. Plus de conflits avec
« les ouvriers, plus de grèves, plus de propagande
« syndicale possible. Inutile d'épiloguer sur la men-
« talité spéciale qui anime ces distingués économis-
« tes ; l'erreur qu'ils commettent est grossière. C'est
« la concentration capitaliste qui a seule amené la
« disparition du travail à domicile et ce serait nier
« le progrès que de vouloir retourner vers un mode
« de production qui tend à s'effacer de plus en plus ;
« aujourd'hui, la mécano-facture remplace presque
« partout la manufacture ; la production ration-
« nelle exige la division du travail pour l'abaisse-
« ment du prix de revient et l'avenir appartient aux
« vastes industries groupant dans les mêmes usines
« des quantités d'ouvriers.

« C'est seulement là o cette concentration industrielle ne peut et ne pourra s'établir et subsistera le travail à domicile. C'est pourquoi l'application du moteur électrique se fait surtout dans les localités de la Haute-Loire et de la Loire où se fabriquent la passementerie et le ruban, qui échappent à la concentration industrielle du fait de la variation de la mode, qui ne permet pas aux fabricants de constituer des stocks d'un même modèle et qui leur impose de fabriquer au jour le jour et selon l'importance des commandes ».

Réponse à la thèse de M. Jonhaux :

« L'électricité constitue un bienfait social. Les sociétés modernes souffrent des maux provoqués par le développement intensif de la grande industrie. En concentrant le travail dans d'immenses usines, nos industriels ont grandement favorisé la tâche des pêcheurs en eau trouble du syndicalisme, de ces militants qui se sont donnés la mission, à leur unique profit, de soutenir le prolétariat contre le patronat. Il est évidemment facile aux apôtres de la révolution ouvrière d'exercer leur emprise dans les établissements où la population des travailleurs est dense. Il en serait tout autrement si le travail était plus réparti, si

« les ateliers étaient disséminés et ne comportaient
« qu'un petit nombre de compagnons. Mais, les in-
« dustriels avaient dû recourir à la concentration
« de la main-d'œuvre pour diminuer leur prix de
« revient, et cela, faute de pouvoir livrer à domi-
« cile, à un prix économique, la force nécessaire à
« la mise en mouvement des machines... A l'heure
« actuelle, la diffusion de l'électricité, en permet-
« tant l'installation de petits moteurs au fond des
« campagnes les plus reculées, est venue donner au
« patron un moyen de retourner en arrière et d'es-
« saimer un personnel trop concentré. Sans doute,
« il ne saurait être question de supprimer la grande
« usine... mais, dans bien des cas, les industries
« pourraient s'accommoder du travail à domicile et
« elles gagneraient à une dispersion de main-d'œu-
« vre ».

Ces effets varieront surtout avec le milieu social, avec les occupations et les aptitudes des populations, en un mot avec leur genre de vie. L'emploi du courant électrique sera plus répandu dans les pays où les habitudes d'association sont restées vivantes, où l'on sait s'entendre et se grouper, parce que ces habitudes faciliteront l'organisation des réseaux de distribution. Inversement, il trouvera un encouragement très efficace dans l'esprit individua-

liste de certains travailleurs qui répugnent à la stricte discipline du travail collectif et lui préfèrent le libre effort et le travail personnel. A cet égard, l'Ouvrier français semble devoir, tout spécialement, s'accommoder du moteur électrique. C'est ainsi que Lyon, avec sa nombreuse et laborieuse population de canuts, Paris, avec ses innombrables ateliers dispersés dans tous les quartiers, surtout ceux du Centre et de l'Est, trouvent les plus précieux avantages dans l'emploi du petit moteur, actionnant un outillage délicat et peu encombrant. Ainsi le courant électrique se sera une fois de plus adapté au milieu. Avec sa souplesse et sa plasticité coutumières, il se sera conformé aux habitudes acquises, aura réveillé les instincts endormis, se sera, pour ainsi dire, moulé dans les formes de la société laborieuse, produisant ici de la concentration et favorisant le travail collectif, créant ailleurs le travail libre et provoquant la dispersion des ateliers.

3° En ce qui concerne l'application future de l'énergie électrique au travail agricole, les mêmes conclusions s'imposent. Son succès et ses efforts varieront avec le milieu, les circonstances et le genre d'occupation. Le grand obstacle à vaincre sera l'organisation des réseaux de distribution.

On les aménagera plus aisément dans les pays de

montagnes, où les chutes sont nombreuses, que dans les plaines ; dans les régions où les populations sont serrées et groupées en coopératives ou en syndicats que dans les campagne où les habitants vivent dispersés et sans contact. Enfin l'application du courant électrique sera plus rémunératrice dans les occupations sédentaires de la ferme que dans les travaux mobiles et sans cesse en voie de déplacement des terrains de culture ; plus rémunératrice aussi quand la consommation de courant sera permanente que dans le cas où elle est intermittente. Deux genres de travaux agricoles semblent, dès à présent, appelés à demander son concours à la houille blanche ; les industries laitières et les irrigations. Dans les Alpes, le Jura, la Vendée en France ; à l'étranger, au Canada, en Suisse, la houille blanche actionne déjà l'outillage des laiteries et des fruiteries. Les cultures maraîchères feront aussi appel aux réseaux de distribution pour le pompage de l'eau et pour l'irrigation. Celles du bas Rhône absorbent déjà un certain contingent d'énergie. L'avenir le plus brillant semble, dès à présent, être celui qui attend la houille blanche dans les pays où les étendues sèches des plateaux sans eau sont creusées de vallées profondément encaissées et bordés de montagnes riches en sources et en lacs. Les hautes plaines de la Castille,

les bassins et les plaines du Canada et de l'Amérique occidentale pourront, grâce à la houille blanche, se transformer en riches régions de production agricole.

Mais l'un des emplois de l'électricité peut permettre à l'électro-agriculture de se développer largement : c'est la traction électrique.

Il n'est pas impossible qu'un jour le courant traversant les campagnes pour la marche des chemins de fer puisse être distribué dans les exploitations. Voici à ce sujet l'intéressante déclaration de M. Foy, Directeur de la Société d'électricité de Caen : « Il est incontestable que l'électrification des
« chemins de fer d'intérêt local contribuera dans
« une large mesure à la diffusion de l'énergie élec-
« trique dans les campagnes. Alors qu'une société de
« distribution hésiterait à créer une ligne pour l'ali-
« mentation spéciale des petits villages sur un long
« parcours, et représentant un débit restreint dont
« le résultat sera absorbé par les frais généraux d'en-
« tretien et de surveillance de ces lignes, elle fera
« volontiers cette distribution accessoire, si le prin-
« cipal but de son établissement consiste en une four-
« niture notable d'énergie pour la traction. C'est,
« en quelque sorte, une distribution résiduelle dont
« on pourrait faire bénéficier la ferme et les champs,

« avec les multiples applications que le fermier ou
« le cultivateur y trouveraient. »

4° L'emploi généralisé de l'énergie hydroélectrique aura très vraisemblablement une influence sur les courants de circulation. Les transports de charbon tendront à être, du moins, dans certaines directions, moins abondantes. Il peut en résulter une surélévation des frêts et, pour certains pays comme l'Angleterre, déjà menacée par d'autres concurrences, une diminution de puissance d'attraction et de transport.

D'autre part, il est à prévoir que la houille blanche limitera la prépondérance que les voies maritimes ont eue depuis si longtemps sur les voies trans-continentales. Il est remarquable que certaines régions jusqu'ici difficiles à parcourir, mal desservies ou entièrement privées de voies de circulation à grand débit, vont se trouver considérablement avantagées. Ce sera le cas des régions montagneuses. La traction électrique capable de desservir des lignes à forte pente, aura raison d'obstacles autrefois considérés comme pratiquement inabordables pour la grande circulation. Elle ne sera guère moins coûteuse à établir, mais l'exploitation en sera beaucoup moins onéreuse, la force motrice étant gratuite, le personnel employé réduit, les transports de char-

bon entièrement supprimés. Ainsi les grands massifs montagneux comme les Alpes et les Pyrénées ; les régions de relief tourmentés, comme l'Espagne, la Péninsule des Balkans, et, en général, toute l'Europe méridionale, seront désormais beaucoup plus faciles à franchir et à parcourir.

Il y a enfin de très fortes chances pour que la houille blanche facilite et accélère la construction de voies ferrées trans-continetales dans les pays neufs. En effet, tandis que les voies de pénétration de faibles longueurs se ravitaillent facilement en combustible dans les ports où elles s'amorcent, les convois qui circulent plus avant dans les terres, doivent, comme les steamers, emporter leur combustible et constituer des dépôts. Le prix de transport devient ainsi de plus en plus onéreux au fur et à mesure que l'on s'éloigne des bases. Dans ces conditions, les voies maritimes quoique plus longues, conservent toujours leurs avantages de bon marché. La houille blanche rétablira l'équilibre. Les pays éloignés de la mer, pauvres en charbon, mais riches en houille blanche en retireront un profit énorme. On peut déjà entrevoir l'aménagement de grandes lignes électrifiées à travers l'Afrique centrale, le plateau des Grands lacs, l'Amérique du Sud. S'il est vrai que le XX^e siècle promette d'être l'âge des réseaux trans-

continentaux, comme le XIX^e siècle a été celui des grandes lignes trans-océaniques, on peut être assuré qu'on le devra à la houille blanche. Ce sera un des plus remarquables services qu'elle aura rendus à l'humanité et l'un de ceux qu'on peut prévoir avec le plus de certitude.

2° Avantages retirés par les Communautés (1)

Ainsi donc, l'industrie électro-chimique et électro-métallurgique s'installant dans les régions pourvues de houille blanche, modifiera comme nous venons de le voir, la géographie économique de ces régions. Par une étude détaillée de quelques cas particuliers, nous allons voir maintenant, quels profits les communautés pourront retirer d'un gisement de houille blanche sur leur territoire. Nous aurons ainsi une vision de ce que pourront être les régions montagneuses d'ici quelques cinquante ans, lorsque ce courant industriel que nous avons indiqué se sera fait sentir dans toutes ses conséquences.

Nous ferons cette étude sur un budget d'avant-guerre à cause de l'instabilité de l'époque dans laquelle nous vivons. Cette étude présente néanmoins

(1) Les chiffres que nous citons dans ce paragraphe sont tirés d'une étude de M. Paul Girod, sur ce même sujet.

un intérêt pratique, car les proportions seront toujours respectées.

Supposons l'aménagement d'une usine hydraulique de 5.000 HP, telle qu'il s'en présente fréquemment dans la région des Alpes (en prenant pour base une usine de cette puissance, nous faisons abstraction de grandes chutes du domaine public, situées sur l'Arve, l'Isère et la Durance, leur emploi soulevant des questions beaucoup plus générales que celles envisagées dans la présente étude).

Cette usine représente un capital d'environ Fr. 2.500.000. Elle paiera pour un centime additionnel moyen de 2, une patente de fr. 13.500 environ, si toute l'énergie est utilisée par le propriétaire de la station dans une usine de fabrication lui appartenant, et une patente de fr. 24.500 à fr. 17.000, si cette énergie est vendue à des tiers et suivant qu'elle est destinée principalement à l'éclairage ou à la force motrice.

Sur ce total 25 o/o reviennent à la commune, ce qui porte la part de celle-ci à :

Dans le premier cas . . Fr. 3.400

Dans le deuxième cas . . Fr. 6.100 à 4.300

Cette station paiera également une contribution foncière dont la commune bénéficie pour environ

20 o/o. Dans notre exemple, cette contribution pouvant être évaluée à environ 6.000 francs, la commune reçoit donc 1.200 francs.

Enfin, un petit appoint supplémentaire est fourni par la contribution des portes et fenêtres dont la commune bénéficie pour 20 à 22 o/o en moyenne.

Au total donc, et en dehors de l'acte de cession lui-même des droits de riveraineté, le revenu que la commune retire de la station envisagée varie de fr. 5.000 à 7.500 n chiffres ronds. Il est inutile d'insister sur l'importance, au point de vue du budget de nos villages de montagnes, de ce revenu supplémentaire qui peut être une source d'améliorations notables.

Quand les avantages obtenus par la cession des droits de riveraineté et l'augmentation des revenus de la commune (du fait de sa part d'impôt) peuvent se combiner avec l'utilisation sur place de la force motrice dans une usine de fabrication, on arrive à transformer entièrement la situation économique d'une vallée.

Le tableau suivant montrera les avantages incontestables résultant de ces installations et dont profitent, soit au point de vue « impositions » soit au point de vue « salaires payés » des localités restées jusqu'alors en dehors de tout mouvement industriel.

*Montant des salaires et des impositions
annuellement payés par les principales usines
de Savoie en activité à fin 1913*

	Salaires en fr.	Impositions en fr.
Cie générale d'électro-chimie de Bozel à Bozel	340.000	14.581,75
Cie des produits chimiques d'Alais et de la Camargue, Calypso et St-Félix, Pontamaffrey (Maurienne)	1.000.000	150.000
Rochette frères, à Epierre	120.000	12.000
Sté des Carbures métalliques (Le Glan- don, St Avre la Chambre)	140.000	23.248,70
Sté des Carbures (N.-D.de-Briançon)	600.000	63.000
Sté Electro-Chimie (St-Michel-de-Mau- rienne)	310.000	24.920
Sté de Carborandum et d'électricité réunis	127.000	12.215,05
Sté d'ElectroMétallurgie française de Froges (La Praz et St-Michel)	970.000	79.060
La Volta	255.000	45.060
Etablissements Paul Girod, à Ugine..	1.900.000	99.500
	5.762.000	524.070,50

Toutes ces usines créées dans l'espace d'une vingtaine d'années représentent pour les vallées qui en bénéficient un progrès économique dont aucune industrie, à part peut-être celle de la grosse métallurgie de l'Est, n'a donné l'exemple dans ces dernières années.

Nous faisons abstraction également de l'industrie automobile dont seuls les grands centres ont profité.

En effet, et c'est là surtout l'heureuse conséquence que nous voulons faire ressortir, presque toutes les usines qu nous venons de nommer sont situées dans des localités qui, sans elles, n'auraient jamais pu espérer un développement quelconque et qui souffraient même de l'émigration vers la grande ville.

L'extension de l'industrie électro-métallurgique, loin de nuire à l'agriculteur, comme on l'a prétendu bien souvent à propos de dégâts de peu d'importance occasionnés par les fumées ou les émanations de gaz, a permis au contraire, au paysan de tirer plus avantageusement parti de ses récoltes.

Nous donnons ci-dessous deux tableaux qui font ressortir d'une façon frappante quelle a été, au point de vue économique, l'influence des installations hydroélectriques et électro-métallurgiques sur certaines communes presque sans ressource primitivement et qui aujourd'hui ont pris un développement sur lequel personne n'aurait osé compter, il y a vingt ans seulement.

Nous avons choisi d'une part, la commune d'Ugine en Savoie, où sont installées d'importantes

usines de fabrication alimentées à la fois par une station centrale se trouvant sur place et des stations centrales situées en dehors de la commune ;

D'autre part, la commune de St-Gervais (Hte-Savoie) où, depuis 1908, se sont créées trois stations centrales alimentant les établissements Girod d'Ugine, stations destinées par conséquent uniquement aux transports de forces.

Ces communes ont évolué suivant les chiffres des deux tableaux ci-dessous.

COMMUNE D'UGINE RENSEIGNEMENTS FINANCIERS DIVERS

Années	Recettes Communales effectives			Dépenses		Impositions communales comprises dans les chiffres de la colonne précédente. (Le montant de ces impositions figure dans les colonnes 2, 5, 5 leur du cen-				
	Ordinaires	Extraordinaires	Supplémentaires	Total	de toute nature	Montant des rôles d. 4 contributions	Ordinaires	Extraordinaires	Total	time
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1901	15960	7200	7085	30245	28715		3090	7200	10290	
1903	14878	7240	8850	30968	30315	28050	3190	7200	10390	87
1906	18157	8980	7120	34257	30312	42590	5060	8980	14040	119
1907						43396				148
1909	24760	7870	13700	46330	46570	47412	9640	7870	17510	163
1910				(4)						
1911										218
1913	30586	14910	206470	251960	243340	98790	13900	14910	28810	272
				(2)		(4)		(5)		346

(1) Dont 7.830 francs de coupe de bois.

(2) Dont 13.110 francs de vente de bois et 192.160 francs, montant de l'emprunt réalisé pour adduction d'eau.

(3) Y compris 4.970 francs de taxe vicinale votée en 1909.

(4) Dont 192.000 francs de travaux pour adduction d'eau.

Nous donnons aussi celui de St-Gervais qui fournit la force à UGINE, pour prouver que le développement de cette seconde commune n'est pas au détriment de celle qui lui fournit la force.

COMMUNE DU FAYET-ST-GERVAIS RENSEIGNEMENTS FINANCIERS DIVERS

Années	Recettes Communales effectives			Dépenses com- munales de toute nature	Montant des rôles d. 4 con- tributions	Impositions communales comprises dans les chiffres de la colonne précédente. (Le montant de ces impositions figure dans les colonnes 2, 3, 5 leur Ordre-Extraor- dinaires Total		
	Ordina- naires	Extraor- dinaires	Supplé- mentaires			Ordina- naires	Extraor- dinaires	Total
1907	24000	9009	87116	148180	47056	5010	9900	14910
1	2	3	4	6	7	8	9	10
1908	23140	11640	80000	109030	51450	6300	11640	17940
1909					53760			160
1910					59240			177
1911	34730	10870	49110	81110	68400	9300	10870	20070
		(5)						221
1912					81900			262
1913	36145	15900	34195	116220	91340	13580	15900	29480
		(5)						294
1914					99940			322

(1) Dont 60.000 francs de vente de titres de rentes.

(2) Dont 57.000 francs de vente de terrain.

(3) Y compris 2.000 francs d'indemnité annuelle jusqu'à la construction de l'usine du Fayet et y compris 5.000 francs d'annuité pour l'achat de terrain.

La colonne 2 qui représente la vie normale de la commune, fait ressortir une progression croissante très rapide au fur et à mesure du développement industriel. Du jour de l'installation de l'industrie sur son territoire, elle a perfectionné ses moyens et répondu à de nouveaux besoins, en augmentant leurs dépenses et parallèlement leurs impositions pour insuffisances de revenus.

La colonne 8 donne bien l'impression de cet accroissement d'impositions.

Les colonnes 3 et 9 s'appliquent à peu près en totalité aux impositions pour amortissements d'emprunts, et, ainsi qu'on le sait, l'existence d'usines importantes a permis de faire de grands travaux sans surcharger les habitants.

L'importance des chiffres de ces deux colonnes indique bien quelles sont les grosses annuités à servir et les très gros emprunts qu'il a été possible de contracter.

La colonne 11 fait ressortir la progression rapide de la valeur du centime.

Enfin, la colonne 10 donne la part de la commune dans les rôles ; là aussi la progression est très rapide, jusqu'en 1913, les communes ont recueilli respectivement 28.810 et 29.480, soit plus du double que sept ans auparavant.

Si au point de vue économique l'idéal pour les communes consiste dans l'établissement d'une industrie au pied même de la chute aménagée, cette éventualité est quelquefois, sinon irréalisable, tout au moins très difficile à envisager. Dans ce cas, les communes auront, malgré tout, intérêt à favoriser la création de stations hydro-électriques pour transport de forces. Cet intérêt est démontré par l'exemple du Fayet, nous en donnons d'autres ci-dessous qui indiquent les améliorations résultant, pour certaines communes, du fait de l'installation de stations centrales ou simplement de réseaux sur leur territoire.

Dans ces exemples, nous ferons particulièrement ressortir la variation du centime communal qui est en fonction de la valeur imposable, par conséquent de l'accroissement de la propriété à usage de commerce ou d'industrie, la valeur d'estimation de la propriété foncière agricole ayant plutôt tendance avant la guerre à décroître dans les régions montagneuses.

Domène, bourg industriel de la région de Grenoble, grâce à l'aménagement des eaux motrices sur son territoire, voit de 1894 à 1914, sa population demeurer presque sans changement. Malgré la plus grande activité de son industrie, en raison du perfectionnement des machines : elle varie de 1987 à

1901 habitants, mais le centime passe de 184 fr. 44 à 222 fr. 80.

Dans le même canton, Villard-Bonnot, où les usines Bergès ont réalisé les applications classiques de l'énergie hydraulique, est passé de 1940 à 3199 habitants pendant que la valeur du centime montait de 145 fr. 11 à 269 fr. 52.

La Mure est le bourg le plus important des montagnes du Dauphiné. C'est un centre de marchés périodiques importants. L'industrie y a eu autrefois quelques faveurs, puis a connu le déclin.

Depuis peu d'années l'énergie électrique est à la disposition des habitants ; une ligne de transport du courant traverse le territoire et la Municipalité en a profité pour assurer ce bénéfice à ses administrés. L'industrie s'est aussitôt relevée, des fabriques de gants, d'autres encore, ont été créées ; la population de 3.327 habitants s'est élevée à 3.595, et le centime est passé de 204 fr. 02 à 233 fr. 56.

La Société Générale de force et lumière assure un service d'énergie pour la traction du chemin de fer électrique de Saint-Georges de Commiers à La Mure d'abord, ensuite pour le service des mines d'anthracite du bassin de la Motte. Cet élément vivifiant ne tardait pas à s'affirmer. La population de

la Motte d'Aveillan passant de 2.110 à 3.642 âmes et la valeur du centime de 75 fr. 97 à 122 fr. 79.

Pierre Châtel voisine des mines régénérées par les applications électriques, augmentait aussi de 1.133 à 1.391 habitants, pendant que les centimes croissaient de 61 fr. 94 à 70 fr. 54.

Et on pourrati continuer longtemps encore cette énumération.

L'exemple de beaucoup d'autres communes encore confirme que l'aménagement de l'énergie des torrents ne procure pas seulement une augmentation de ressources aux communes où elles sont réalisées, mais que la force électrique répartie par les lignes de transport, porte également au loin la prospérité et l'activité.

La conclusion qui s'impose est très nette : les communes ont intérêt à l'établissement sur leur territoire, d'usines hydro-électriques, qu'il s'agisse de l'utilisation sur place de la force produite ou de simples stations centrales pour distribution d'énergie ; dans ce dernier cas, notamment, leur devoir est de prendre toutes les mesures nécessaires pour maintenir et développer la petite industrie locale, qui, à défaut de la grande, peut, grâce à la force motrice mise à la disposition des indigènes, amener l'essor économique d'une petite vallée.

Voici, puisé aux sources mêmes, le relevé des impositions de toutes natures dont étaient frappées en 1914, quatre sociétés régionales de distribution électrique. Nous ne les désignons pas nominativement, mais leur importance très diverse au double point de vue des capitaux investis dans chacune d'elles et du montant de leurs recettes annuelles, suffira à démontrer combien, pour toutes les entreprises, sont lourds les charges fiscales.

A

Capital action	2.000.000
Dette obligation	3.000.000
Recettes	724.445

A PAYE A L'ETAT EN 1913

1° Contr. et patentes	19.975 55
2° Redev. et contrôles	2.549 75
3° Impôts sur titres	29.549 75
Total	52.075 25

Soit 2,6 o/o du capital.

Soit 7,4 o/o des recettes.

B

Capital actions	3.475.000
Dette obligation	5.300.000
Recettes	485.000

A PAYE A L'ETAT EN 1913

1° Contr. et patentes	22.774 45
2° Redev. et contrôles	6.107 95
3° Impôts sur titres	34.436 55
Total	63.318 95

Soit 1,8 o/o du capital.

Soit 13,06 o/o des recettes.

C

Capital actions	3.764.500
Dette obligation	6.360.000
Recettes	1.140.000

A PAYE A L'ETAT EN 1913

1° Contr. et patentes	40.556 10
2° Redev. et contrôles	11.137 25
3° Impôts sur titres	47.893 85
Total	99.583 20

Soit 2,7 o/o du capital.

Soit 8,6 o/o des recettes.

D

Capital actions	10.000.000
Dette obligation	25.000.000
Recettes	3.860.000

A PAYE A L'ETAT EN 1913

1° Contr. et patentes	137.895 50
2° Redev. et contrôles	53.126 60
3° Impôts sur titres	126.495 »
Total	317.517 10

Soit 3,2 o/o du capital.

Soit 8,2 o/o des recettes.

Nous pensons avoir suffisamment montré la justesse des prédictions de M. Paul Leroy-Beaulieu, il nous reste à souhaiter leur prompte réalisation. Celle-ci est en bonne voie, entre les mains de nos industriels à qui vingt-cinq années d'expérience parfois dures, a donné toutes les capacités nécessaires sans rien leur enlever de leur entreprenante activité.

CHAPITRE IV

Rôle des Banques

(1) Il nous reste à voir maintenant comment cette industrie de l'électro-chimie a pu se développer en France. Le seul engrais connu actuellement pour faire pousser ces plantes qui s'appellent des usines, c'est l'argent. Celui-ci est fourni par des capitalistes, et surtout par les banques aux ingénieurs pour faire les expériences nécessaires et leur permettre de développer leur production. Avant de terminer notre sujet, il est, croyons-nous, très intéressant de voir quelles sont les institutions qui ont fourni à la jeune industrie la nourriture, nécessaire à son plein développement, quels sont ceux qui ont eu foi dans son étoile et l'ont aidé à se dégager de ses langes.

Il semblerait à première vue que l'hydraulique,

(1) Les chiffres que nous citons dans ce chapitre sont extraits d'une étude M. Charpenay.

fournissant de la force depuis les temps les plus reculés, avait un passé suffisant pour que l'on puisse se fier à elle. Il n'en est rien et nous verrons que ce sont les petites banques qui furent les premiers soutiens de cette industrie naissante.

Et si les exploitations quelque peu primitives d'antan, les poétiques mais désuets moulins de jadis ne nécessitaient point, pour leur installation et leur fonctionnement, beaucoup d'argent, par contre la grande industrie moderne ne peut naître et vivre qu'à l'aide de capitaux, la plupart du temps considérables. C'est là un fait qui a, nous ne pensons pas que l'on puisse nous contredire, la valeur d'un axiome.

Or, il est extrêmement rare qu'un particulier, si riche soit-il, dispose personnellement des sommes suffisantes, à la fois pour aménager une chute de plusieurs centaines ou de plusieurs milliers de HP, construire les usines adéquates à l'utilisation de ces forces, acheter les machines et l'outillage, constituer le fond de roulement commercial, etc...

Il a donc été indispensable pour nos industries régionales, dont la généralité est, au surplus, la propriété de sociétés anonymes, de se préoccuper, tout d'abord, de l'investissement des fonds qu'exigeaient leur installation et leur exploitation. A quelles por-

tes ont-elles donc frappé ? Quel concours ont-elles trouvé à leur berceau, qui les ont encore, par la suite, aidées à croître et à prospérer ? Evidemment, elles se sont adressées aux banques dont c'est la fonction essentielle de faire le commerce d'argent ; principalement à celles d'entre les banques qui ont le mieux su ou voulu comprendre qu'en collaborant à l'expansion industrielle de leurs régions, elles servaient leurs propres intérêts moraux et matériels, en même temps qu'elles contribuaient à l'enrichissement général et à la grandeur de la France.

Nous devons toutefois, à la vérité, reconnaître que seules, presque partout, les banques particulières ont paru avoir une idée de cette communion de leur intérêt privé et de leur devoir social, car c'est auprès d'elles seules que les fondateurs de nombreuses sociétés d'électro-chimie et d'électro-métallurgie ont, à l'origine, rencontré aide et assistance. Jusqu'à ces dernières années, en effet, les grands établissements de crédit, ne leur ont guère témoigné qu'une profonde indifférence, quand encore leurs démarcheurs, plus préoccupés d'écouler dans le public des titres exotiques, ne faisaient pas preuve envers elles d'une hostilité déclarée. Il a fallu que le succès vint, que leur vitalité et leur prospérité s'affirmassent, qu'il n'y ait plus pour les banquiers, d'efforts per-

sonels à faire ni de risques à courir, ajoutons aussi quelquefois l'intervention de hautes personnalités faisant partie du conseil d'administration de certaines grandes firmes industrielles, pour vaincre l'abstention systématique de ces puissants établissements financiers. Mais pendant les vingt premières années au cours desquelles s'est effectuée l'évolution industrielle, qui a si considérablement transformé certaines contrées de notre pays, nous pouvons affirmer sans crainte d'être démentis, que les banques particulières seules ont, selon l'expression vulgaire, mais inusitée, « marché » dans les émissions de toutes les entreprises régionales.

Toutefois, avant de résumer l'œuvre accomplie ainsi par les banques locales, nous ne croyons point inutile d'analyser cette œuvre, c'est-à-dire, d'indiquer ses éléments constitutifs : les études auxquelles devaient, tout d'abord, se livrer les banquiers avant de consentir leur collaboration à ces affaires, les efforts qu'ils furent obligés de faire pour vaincre les hésitations et la défiance de leur clientèle à l'égard de placements dont celle-ci n'avait point l'habitude, et pour répondre aux objections, les unes spécieuses, les autres fondées que sous l'inspiration notamment des démarcheurs des Sociétés de crédits et autres concurrents ou adversaires, le public ne

manquait pas de formuler à toute sollicitation de souscription.

Ce fut, et c'est chaque jour encore, une tâche infiniment délicate et laborieuse que de procéder au lancement d'une affaire locale, lancement qui se traduit en somm, par l'émission des actions et des obligations qui constituent le capital social et le fond de roulement de cette affaire.

Le banquier qui l'entreprend doit être, à la fois, quelque peu ingénieur-industriel avisé et possédant des connaissances aussi variées qu'étendues, tout au moins dans les branches de l'industrie dont il aura à s'occuper — financier compétent et prudent, sans pour cela manquer d'estomac — commerçant aussi — enfin pédagogue habile et persuasif.

Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que, aux yeux du public et notamment de l'actionnaire et de l'obligataire d'une société industrielle, le banquier émetteur est toujours responsable, surtout dans le cas où l'affaire ne donne pas de résultat ou en donne de mauvais. Il est alors, bien qu'impuissant, puisqu'il n'y peut évidemment rien, quand il n'est pas administrateur, et bien peu de chose, lorsqu'il fait partie d'un Conseil, où il ne représente qu'une unité, il est alors, disons-le, le baudet » puisqu'il en faut un, sur lequel tout le monde crie « haro » !

Par contre, admirable inconséquence de l'âme humaine ! si l'affaire est prospère, nul des porteurs de titres ne songe à lui sans être reconnaissant d'y avoir été intéressé par lui, chacun au contraire, se glorifiant de son propre flair ou de sa haute intelligence en affaires.

En outre, si par malheur, les premières entreprises au lancement desquelles il a présidé ou collaboré, tardent à distribuer des dividendes ; si, par suite de circonstances quelconques, de prévisions erronées, d'événement inattendus, elles périclitent ou sombrent, le banquier se voit fermer pour longtemps, sinon pour toujours la carrière d'émetteur. Il a perdu la confiance de ses clients, qui retournent, éternels moutons de Panurge, se faire inlassablement tondre par les placiers en valeurs étrangères.

On comprend dès lors que le premier soin du chef de Banque particulière, doit être d'étudier, tout d'abord avec un soin extrême l'affaire qu'on lui demande de présenter au public et qu'il devra patronner auprès des capitalistes ; son examen sera d'autant plus judicieux qu'il possédera des connaissances techniques lui permettant de contrôler lui-même les prévisions ou les affirmations des fondateurs naturellement enclins à l'optimisme.

Dans le cas particulier qui nous occupe ici, en

matière de création d'une entreprise basée sur l'utilisation de la force motrice hydraulique, la première question qui s'impose à l'attention du banquier est évidemment celle de l'aménagement de la chute : les promoteurs de l'affaire sont-ils parfaitement en règles au point de vue de droits de propriété, de riveraineté, de passage. S'il s'agit de torrents non navigables ni flottables ; des droits de concessions s'il s'agit de cours d'eau du domaine public ? Ce premier point de compétence juridique acquis, quelle sera la puissance de la chute : aux étiages, en eaux moyennes, aux hauts eaux ? En quoi consistent les travaux d'aménagement, barrages, tunnels, chambres d'eau, canalisations forcées ? Toutes choses établies par les ingénieurs et dont il faudra pouvoir apprécier l'exactitude des calculs, le possibilités d'exécution, le coût, etc...

Poursuivant ensuite son examen, il devra se rendre compte si le devis d'installation du matériel hydro-électrique, turbine, dynamos, accessoires, prévoit bien réellement tous les appareils nécessaires à la meilleure utilisation de l'énergie hydraulique, si les prix ne sont pas majorés ; en un mot, il devra non point faire lui-même une étude qui lui est généralement soumise une fois arrêtée, mais être apte à vérifier personnellement la sincérité, la valeur et

l'importance de tout cet ensemble de droits immobiliers, de la puissance hydro--électrique à mettre en ligne, de l'effort financier correspondant à la réalisation des travaux du génie civil et des aménagements industriels.

Cette besogne accomplie, qui demande à un banquier des connaissances à proprement parler théoriques, c'est-à-dire que tout homme intelligent et laborieux peut aisément et rapidement acquérir par le travail, il reste la partie la plus délicate, la plus difficile peut-être, de sa tâche à terminer, celle qui exige de lui un savoir qui ne lui apporte guère qu'une longue pratique des affaires : apprécier la valeur industrielle et commerciale de l'industrie, ses chances de vitalité, de prospérité et aussi, fait capital — qu'exprime avec tant de vérité le proverbe : « tant vaut l'homme, tant vaut l'affaire » — s'assurer de la valeur morale de la compétence et de l'habileté professionnelles de ceux qui seront appelés à gérer et à diriger l'entreprise.

Les seuls guides, en pareille matière, sont sa propre expérience des hommes et des choses en général, sa connaissance particulière des administrateurs et directeurs de la société en question, son flair individuel et quelquefois aussi, il faut bien l'avouer, ...sa chance !

De tout ceci ne résulte-t-il pas comme nous le prétendons tout à l'heure, que le banquier qui veut se spécialiser dans la création ou le lancement d'industries locales, doit, en même temps que financier et commerçant, qualités qu'il possède par définition, être quelque peu ingénieur et industriel, ce que ne comporte généralement pas sa profession.

Enfin pédagogue ! C'est à lui qu'appartient en effet la mission de faire l'éducation de ses compatriotes en des matières encore peu connues de la généralité d'entre eux. Car, si non, des bas de laine s'ouvrent sans discussions ni explications, aux placements en titres de pays lointains, dont les possesseur ignorent souvent jusqu'à l'existence géographique, il n'en est pas ainsi quand il s'agit de souscrire à des valeurs d'affaires locales créées et dirigées par des personnalités régionales.

Telle est, en résumé, l'histoire vécue de tous les banquiers savoyards et dauphinois qui ont accompli l'œuvre de colonisation industrielle — si nous pouvons employer cette image — qui a depuis 20 ans enrichi les vallées et les montagnes des Alpes de ces usines, dont le nombre et la puissance éveillent l'admiration du voyageur averti ou profane, au cours de ses randonnées touristiques à travers les Alpes.

C'est en procédant ainsi que les banquiers de

ces deux provinces ont pu faire souscrire la majeure partie des 250 à 300 millions qu les seules industries alpines issues de la houille blanche avaient, en 114, investis tant comme capital actions que comme emprunts obligations.

L'on conviendra qu'il a été besoin d'un rude effort pour faire sortir des vieilles armoires, des pots à confitures, des coffres-forts aussi il est vrai, en un mot de tous les bas de laine des montagnards méfians et économes, chez qui les grandes fortunes sont des exceptions, des sommes d'une pareille importance. D'autant que contrairement à une croyance généralement accréditée dans les milieux peu avertis ou... intéressés à entretenir cette opinion tendancieuse, les industries de houille blanche, à part certaines entreprises plus spécialement favorisées, par des circonstances un peu exceptionnelles, ou bénéficiant de situations privilégiées ; ne sauraient attirer les capitaux par l'appât des gros revenus. Placements offrant des garanties de tout premier ordre, cela est exact mais obligeant, à l'instar, du reste, des entreprises minières, bien que pendant des périodes sensiblement moins longues, leurs actionnaires à attendre le premier dividende jusqu'à ce que les travaux d'aménagement de la chute d'une durée moyenne de deux ou trois ans, soient terminés et

que l'exploitation ou les fabrications réalisent des recettes nécessaires et suffisantes. Le cycle de l'attente est généralement de trois à cinq ans. Encore les sociétés susceptibles même à leur plein épanouissement, de distribuer un bénéfice supérieur à 6 o/o, constituent-elles plutôt une exception.

Il faut donc renoncer à la légende qui attribue à toutes les entreprises hydrauliques une supériorité assurant à leurs heureux possesseurs des bénéfices exceptionnels et permettant, par exemple, aux communes ou à l'Etat de les rançonner à leur naissance, en prévision de ces bénéfices futurs extraordinaires. La réalité est fort différente : l'expérience montre que les bénéfices ne dépassent pas, en général, ceux des autres bonnes entreprises industrielles de notre époque et qu'ils ne justifient, en aucune façon, des prélèvements ou des charges annuelles de 3, 4, 5 francs, et même davantage par HP, comme certaines communes mal conseillées ont tendance à l'exiger de leurs concessionnaires. On voudra bien reconnaître qu'en opérant dans de pareilles conditions, les banques particulières qui ont réalisé cet effort, ne sont pas sans quelque mérite.

Nous donnons ci-dessous la liste des sociétés électro-métallurgiques et électro-chimiques qui, en 1914, étaient venues dans les provinces de Savoie et

du Dauphiné, chercher l'énergie hydraulique nécessaire à leur existence. Est-il utile d'ajouter, qu'en même temps, elles ont rencontré dans ces mêmes provinces la force des torrents et l'aide indispensable des capitaux que la Banque leur a toujours prodiguées.

Dividendes	CAPITAUX INVESTIS	
	Actions	Obligations
	Hauts-Fourneaux et Forges	
	d'Allevard	
14 o/o	4.000.000	2.864.500
	Société Electro-Métallurgique	
	française	
15 5/8 o/o	5.500.000	5.000.000
7 o/o	4.100.000	5.000.000
10 o/o	2.500.000	»
5 o/o	3.250.000	3.000.000
	Etablissement Keller-Léleux....	
	6.000.000	3.000.000
3 o/o	1.800.000	3.000.000
	La Volta	
7 1/2 o/o	6.000.000	6.000.000
5 1/2 o/o	Cie Universelle d'acétylène et	
	Electro-métal.	
	3.800.000	
	Cie française des carbures de	
	calcium	
	500.000	
	3.000.000	
	Rochette Frères	
	1.000.000	
	Sté Electro-métallurg. du zinc	
	Sté Anonyme électro-métallur-	
	gique (Procédés P. Girod)..	
12 0/0	12.000.000	5.000.000
5 o/o	3.300.000	3.500.000
	Sté des Carbures métalliques	
	4.600.000	3.000.000
	Electro-métallurg. du Sud-Est	
2 o/o	800.000	
6 o/o	4.800.000	500.000
	Sté universelle d'Explosifs....	
	76.950.000	39.864.500

C'est donc à un total de 137.000.000 en chiffres ronds que se montaient les sommes investies dans

les seules provinces de la Savoie et du Dauphiné, dans l'électro-chimie et l'électro-métallurgie. Si on tient compte des entreprises de distributions d'énergie électrique et des industries diverses employant l'électricité, on arrive au total de 377 millions, dont 193 en actions et 184 en obligations. Or, si la totalité de ces 377 millions ne sort pas des porte-monnaies indigènes, on peut néanmoins affirmer sans exagération aucune, que la moitié, au moins, en a été recueillie et fournie par les banques savoyardes et dauphinoises, le surplus ayant été réalisé encore et toujours par les banques et, il convient de le constater, des banques françaises.

Tout commentaire pâlirait devant ces chiffres qui sont le plus éclatant témoignage de l'activité laborieuse de nos populations, de l'énorme développement industriel de notre pays alpin, de son enrichissement qui en est la conséquence logique et obligatoire en même temps que de l'esprit d'initiative, de l'amplitude, de l'effort et de la puissance du concours des banques locales auxquelles reviennent l'honneur et le mérite, disons aussi, le profit légitime d'avoir si grandement contribué à cette colossale expansion de leur pays.

CONCLUSION

Nous voici arrivés à la fin de notre étude et si nous n'avons pas la prétention d'avoir épuisé un sujet aussi vaste, nous espérons cependant en avoir dégagé les grandes lignes. Il nous reste maintenant à grouper les diverses conclusions qui semblent pouvoir se déduire de notre exposé et que nous avons déjà émises au cours des différents chapitres.

L'industrie de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie n'est, comme toutes les industries, qu'un moyen de rémunérer un capital ; elle n'a eu un essor si prodigieux qu'à cause des grands espoirs qu'on avait fondés sur elle ; la nouveauté de ses produits, les progrès qu'ils apportaient dans diverses branches de l'activité humaine, ont permis en effet, dans les débuts, de les vendre à des prix largement rémunérateurs, mais bientôt la concurrence est venue et tout de suite s'est posée la grande question qui préside à tous les actes du technicien : la question du

prix de revient. C'est à cause des prix de revient que l'électro-chimie et l'électro-métallurgie ont connu de terribles crises ; c'est parce qu'ils sont élevés que nous assistons au marasme actuel, c'est de leur abaissement espéré et prévu par les moyens que nous avons envisagés que sortira une nouvelle ère de prospérité.

L'industrie électro-chimique et électro-métallurgique française est de nos jours, sinon paralysée, du moins fortement gênée par l'irrégularité de ses chutes d'une part, les hauts prix de revient du kilowatt d'autre part ; de plus sa situation dans les pays montagneux loin des ports d'où elle reçoit ses minerais, loin des lieux d'utilisation de ses produits, ajoute encore aux difficultés qu'elle rencontre. Nous avons au cours de différents chapitres envisagé trois remèdes à ces trois maux : la régularisation par des aménagements hydrauliques et par la concentration ; la vente à des tiers : compagnies de chemin de fer, d'éclairage ou autres, de la partie régulière du courant produit, l'utilisation du reste dans de grandes usines, mieux placées, et en permettant l'emploi plus rationnel, avec moins de frais généraux, avec tous les perfectionnements du machinisme moderne.

Il y a donc tout lieu d'espérer la continuation des fusions amorcées, le groupement de toutes les

sociétés actuelles en deux, peut-être même une seule société géante, vaste, trust de toute l'énergie qui descend du sommet des Alpes: Toutes les disponibilités se trouvant ainsi mises en commun, il sera possible d'envisager des transformations radicales. Les diverses centrales, qui naturellement ne peuvent être déplacées, déverseront toutes leur énergie dans un immense réseau. Celui-ci, dont la très grosse capacité diminuera le prix de transport du kilowatt, conduira le courant à tous les lieux d'utilisation et en particulier aux usines.

Ces usines importantes et peu nombreuses auront leur emplacement dans de grandes vallées, larges et où les cours d'eau déjà devenus navigables apporteront, avec bien moins de frais, les minerais et le charbon et serviront aussi au transport des produits fabriqués. Aux flancs de la vallée s'accrocheront les villes ouvrières, dans des conditions parfaites de salubrité. Les œuvres sociales, difficiles à réaliser dans une petite usine verront là leur plein épanouissement; ce sera le grand pays ouvrier, mais rien n'y rappellera le pays noir où toutes choses sont recouvertes par la fumée du charbon.

Et qu'on ne nous dise pas que ceci est une utopie. Nous allons étudier le projet d'une telle œuvre réalisable dans nos Alpes françaises.

Sur un total de 1.600.000 HP hydro-électriques installés à l'heure actuelle en France, le département de la Savoie, d'après les statistiques de la chambre syndicale des forces hydrauliques, en possède environ 200.000, soit le huitième. Il arrive au second rang parmi les départements français. Un grand nombre de chutes du reste ne sont pas encore aménagées, enfin il possède un certain nombre de gisements de combustibles pauvres, sur lesquels, nous l'avons vu plus haut, il sera intéressant de créer des centrales thermiques servant à donner de l'aide aux forces hydrauliques au moment des pointes des secteurs ou des étiages des eaux, et à réaliser ainsi la régularisation complète. Si nous consultons la carte éditée par M. de la Brosse, indiquant les usines productrices d'énergie, nous voyons que celles de la Savoie, sont dans des vallées convergentes toutes à quelques dizaines de kilomètres de Chambéry, chef-lieu de la Savoie et nœud de voies ferrées importantes pour le commerce français avec l'Italie, avec la Suisse d'un côté et, par ces deux régions, avec l'Europe centrale, avec le reste de la France d'un autre côté et par les ports de l'Océan et de la Méditerranée avec le reste du monde.

D'autre part, on sait que le projet d'aménagement du Rhône a été voté par les Chambres et qu'il

est en cours de réalisation à l'heure actuelle. Ce projet prévoit l'utilisation du Rhône comme fournisseur de l'énergie électrique et aussi, comme moyen de communication entre Genève et Marseille.

Enfin au nord de Chambéry, entre cette ville et le lac du Bourget, s'étend une vaste plaine de 10 kilomètres de longueur et 4 ou 5 de largeur. On sait que le lac est en communication avec le Rhône par un canal de quelques kilomètres. Ce canal fut navigable au temps du royaume Sarde et en tout cas il y aurait une dépense insignifiante à faire pour le mettre en état de recevoir les plus lourds chalands actuels.

On voit là, immédiatement, la possibilité de réaliser le programme tracé plus haut.

L'amenée du courant produit dans les Alpes de la Maurienne et de la Tarentaise n'aurait rien qui puisse gêner nos ingénieurs et la dépense ne serait pas exagérée puisqu'il faudrait compter pour la plus grande ligne un maximum de 100 kilomètres et en moyenne 50 à 60 kilomètres. La vaste plaine dont nous avons parlé plus haut permettrait à l'usine tout le développement possible, il y aurait même de grandes facilités pour la construction d'une ville ouvrière, car ce n'est pas dans les 20.000 habitants ac-

tuels que l'usine pourrait trouver la main-d'œuvre nécessaire. Celle-ci pourrait être fournie, partie par transplantation de la main-d'œuvre actuellement employée dans les usines, partie par la main-d'œuvre italienne, facilement attirée à Chambéry.

Les débouchés du courant existent déjà. Le P.-L.-M. commence l'électrification de la ligne Culoz-Modane et a envisagé celle de toutes les lignes de la région.

Chambéry, Aix-les-Bains ont besoin pour l'industrie locale et pour l'éclairage d'une force importante. Lyon même, est déjà venu chercher de nos jours un appoint d'énergie sérieux en Savoie.

Enfin la région de Chambéry, fertile et au climat tempéré, est largement capable de fournir à toute la population réunie de la sorte les moyens d'existence dans de bonnes conditions.

Le rêve d'aujourd'hui pourra donc très bien être demain la réalité. Les conditions économiques internationales varieront, la concurrence se fera plus dure au fur et à mesure que le franc regagnera le pair. Le prix des machines et des installations diminuera, et avec lui la valeur intrinsèque des usines existantes aussi bien que les devis des usines à installer, de plus il faudra lutter si nous ne voulons pas

être concurrencés par l'étranger sur notre propre marché, et ce qu'aujourd'hui nous ne faisons qu'entrevoir, pourra ainsi devenir une nécessité, une question de vie ou de mort.

Ainsi l'électro-chimie et l'électro-métallurgie, après avoir fait des pays deshérités où elle s'est installée, des contrées prospères, placera celles-ci au premier rang des grandes régions industrielles françaises.

Vu : *le Doyen*,
H. BERTHÉLEMY.

Vu : *Le Président*,
GERMAIN-MARTIN.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris,
P. APPELL.

BIBLIOGRAPHIE

Revue d'Electro-Chimie et d'Electro-Métallurgie.

Le Journal du Four Electrique.

Les Alpes Economiques.

Le Génie Civil.

La technique moderne

La Revue générale d'Electricité.

Robert PINOT : Rapport sur la classe 64 bis à l'Exposition
Internationale et Universelle de Bruxelles 1910.

Henri CAVAILLÈS : La Houille Blanche.

BORCHERS : Traité d'Electro-Métallurgie.

GUARINI : Etat actuel de l'Electro-Métallurgie.

MINET : Traité Théorique et Pratique d'Electro-Métallurgie.

MINET : Electro-Métallurgie.

VIGNERON : Electro-Chimie et Electro-Métallurgie.

Dony HENAULT, H. GALL et GUYE : Principes et Applications
d'Electro-Chimie.

OSTWALD : L'évolution de l'Electro-Chimie.

Ch. PINAT : La Houille Blanche.

TAVERNIER : L'Utilisation des chutes d'eau dans les Alpes Fran-
çaises.

CHOPIN DE LA BRUYÈRE : Thèse sur l'Industrie Hydro-Electrique en France.

MOISSAN : Le Four Electrique.

Jean ESCART : Les Industries Electro-Chimiques.

Jules SÉVERIN : Toute la Chimie Minérale par l'Electricité.

WIDMER : Conférence aux Ingénieurs Civils en mars 1918.

CAHEN : Conférence aux Ingénieurs Civils en Mars 1918.

LEVASSEUR : L'Electro-Chimie et l'Electro-Métallurgie.

PACORET Etienne : La technique de la Houille Blanche.

MARTIGNON : L'Electro-Métallurgie des fers, fontes et aciers.

Annuaire de la Chambre Syndicale des forces hydrauliques.

Premier Congrès de la Houille Blanche 1902.

Deuxième Congrès de la Houille Blanche 1914.

Bulletins du Comité des Forges de France.

Bulletins du Syndicat des Forces hydrauliques.

Bulletin de la Metallgesellschaft.

